



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES NUTRICIONALES
CON Y SIN ALIMENTACIÓN CONTROLADA EN LA
PRODUCTIVIDAD DE LA GALLINA BOVANS WHITE**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA

PRESENTA

LEYVA DÍAZ ANAISA AZYADETH

ASESORES:

MVZ Dr. Benjamín Fuente Martínez

MVZ MC Analía Balderas González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



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 mi familia, en especial a mis padres María Elena Díaz y Juan Carlos Leyva, para los cuales nunca habrá forma de agradecerles el apoyo, la confianza, los consejos, enseñanzas y el amor infinito brindado a lo largo de este camino, que no fue fácil, pero que fue posible gracias a ellos, los amo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser parte de ella, así como a mi querida Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por mi formación profesional y las vivencias.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, por la experiencia práctica y los conocimientos adquiridos a lo largo de mi estancia.

Al Dr. Ernesto Ávila González por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo.

Para el Dr. Benjamín Fuente Martínez a quien le tengo gran admiración y cariño. Doc gracias por compartir sus conocimientos, ayudarme a crecer como persona y profesionalmente, por la paciencia, la comprensión, y confianza que puso en mí.

A la MC. Analía Balderas González, por los consejos y sugerencias a este trabajo.

Al MC. Ezequiel Rosales Martínez por los consejos y apoyo brindado cuando decidí incursionar en el área avícola, jamás lo olvidare.

A los miembros del jurado las Dras. Frida Salmerón Sosa, Yolanda Castañeda Nieto, Xóchitl Hernández Velasco y el Dr. Jorge Miguel Iriarte, quienes dedicaron su tiempo a la lectura, sugerencias y correcciones del presente trabajo.

A los profesores del CEIEPAv Dras. María del Pilar, Alma y Monserrat, y los Dres. David y Oscar quienes me orientaron y ayudaron.

Para el MVZ. Francisco Javier Tirado Almendra por su linda amistad, apoyo y consejos.

A mis compañeros y amigos de CEIEPAv quienes hicieron más ameno el tiempo dentro de la granja, con las comidas improvisadas y las pláticas dentro y fuera de los vestidores.

Papá gracias por ser mi más grande maestro, desde que tengo memoria me has enseñado lo maravilloso de esta profesión, eres mi ejemplo a seguir, y espero llegar a ser como tú. Mamá, gracias por ser la mujer que eres, por procúrame, apoyarme, escucharme.

A ambos gracias, porque sin ustedes no sería ni la mitad de la persona que soy.

A mis hermanas Nayeli, Areli y Adilene quienes son parte de esta historia desde su comienzo, alentándome de diferentes maneras para no rendirme, gracias por compartir esa locura que las caracteriza, las amo.

Vane eres un angelito caído del cielo, te adoro pequeña.

A mi compañero y amigo Anubis, gracias por hacer esos momentos de estrés más divertidos, por comprenderme aun cuando no sabías de qué hablaba, por tu apoyo incondicional, por tus palabras, consejos y por estar a mi lado siempre, somos el mejor equipo.

A mis amigos y hermanos de carrera Pedro, Rodrigo, Cesar, Eva esta aventura no hubiera sido igual sin ustedes, el crecer a su lado fue increíble, y aprender de ustedes fue exactamente igual, gracias por alentarme, por las risas, por apoyarme, por estar en todo momento, los quiero mucho.

A todas esas personas, amigos y familia que me faltan mencionar, y que formaron parte importante de esta travesía, muchas gracias.

Y finalmente a Dios por escucharme y de alguna forma darme la fuerza y la salud para concluir el primer escalón de este sueño, por las oportunidades que me has puesto en el camino, por la familia que tengo, por las personas que han estado y que están en mi vida.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Situación Mundial de las fábricas de alimentos.....	4
1.2 Situación actual de la Avicultura	5
1.3 Situación de los granos	6
1.4 Energía y Proteína	8
1.5 Nitrógeno y Fósforo.....	11
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS.....	20
4. DISCUSIÓN	23
5. CONCLUSIONES.....	28
6. REFERENCIAS	29
7. CUADROS.....	37
8. FIGURAS.....	45
9. ANEXOS.....	55

RESUMEN

LEYVA DÍAZ ANAISA AZYADETH. Efecto de diferentes densidades nutricionales con y sin alimentación controlada en la productividad de la gallina Bovans White. (Bajo la dirección del MVZ Dr. Benjamín Fuente Martínez y MVZ MC Analía Balderas González).

Con el objeto de evaluar el efecto de dos densidades nutricionales con y sin alimentación controlada sobre el comportamiento productivo de gallinas de primer ciclo. Se utilizaron 432 gallinas de 83 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2x2, el primer factor fue el tipo de dieta (normal y baja densidad) el segundo factor fue el tipo de alimentación (controlada diariamente y *ad libitum*) cada tratamiento contó con 9 réplicas de 12 gallinas cada una. Se formularon dos dietas con base en sorgo + pasta de soya, la primera con 15.1% de PC, 2820 de kcal/kg de EM, 0.77% y 0.63% de lisina y aminoácidos azufrados digestible respectivamente (dieta normal); y la segunda, reducida en lisina y aminoácidos azufrados digestibles en 7.8% (dieta de baja densidad). Durante los 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de parámetros productivos y calidad interna de huevo. Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se compararon mediante una prueba de Tukey con una $p < 0.05$. Se observó que el empleo de una dieta de baja densidad (7.8% menos en aminoácidos) no afectó los parámetros productivos ($p > 0.05$). El tipo de alimentación no afectó el porcentaje de producción de huevo ($p > 0.05$). La alimentación controlada disminuyó el peso de huevo, el consumo de alimento, la masa de huevo y mejoro la conversión alimentaria ($p < 0.05$).

1. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria ha tenido un crecimiento predominante de los sectores porcino, avícola y acuícola, así como una intensificación de la producción en África, Medio Oriente, Latinoamérica y Europa (Alltech, 2016).

En el 2016 el alimento para aves tuvo la mayor participación dentro del mercado de alimentos balanceados, creciendo con mayor velocidad que el alimento para otras especies, con un 47% del total de alimento balanceado fabricado en el mundo lo que equivale a 463.69 millones de toneladas, para pollos de engorde, ponedoras, pavos, patos y otras aves (Alltech, 2016).

En México el alimento para las aves es el rubro más representativo de los costos de producción de pollo y huevo simbolizando el 66% y 67%, respectivamente. En la actualidad se consumen 15.5 millones de toneladas de alimento balanceado, de las cuales el 63% son granos forrajeros, es decir, 9.8 millones de toneladas (UNA, 2016). Los principales granos utilizados en el 2015 son el maíz y sorgo, de los cuales se consumieron 11,678 millones de toneladas y 7123 millones de toneladas, respectivamente (CONAFAB, 2016).

En el 2015 la industria avícola mexicana registró un incremento de 3.9% respecto a lo obtenido en 2014. La avicultura aporta el 63.6% de la producción pecuaria, la cual produjo 5.8 millones de toneladas de productos (huevo, pollo y pavo), con un valor de 131 mil millones de pesos (UNA, 2016).

Por lo anterior se tiene el desafío de ofrecer productos de mayor calidad, sanos, seguros y con precios competitivos y así, atender las principales demandas de los consumidores.

Se estima que para el 2050 se tendrá que alimentar a 9 mil millones de personas y para ese año los productos provenientes de la avicultura, se convertirán en la proteína animal más consumida del planeta (Rigolin, 2016; Alltech, 2016).

Por otra parte, la gallinaza es una valiosa fuente de nitrógeno, fósforo y potasio, su composición está directamente influenciada por la constitución del alimento (Lesson, 2005). A través de los desechos se puede causar una contaminación significativa de los recursos esenciales para la vida (agua, suelo u aire) (Sutton *et al*, 2002).

En general algunas formas que se aceptan para reducir la excreción de nitrógeno en los animales, es disminuir la cantidad que se consume de este elemento, considerar su digestibilidad (incluyendo pérdidas endógenas en el tracto gastrointestinal) y el patrón de aminoácidos absorbido o disponibles (Verstegen, 2003).

1.1 Situación Mundial de las fábricas de alimentos

La fabricación de alimentos es una industria dinámica y en constante crecimiento, tan solo en el periodo de 2011 a 2015 presentó un incremento del 14%. Este último año su aumento fue de 1.6% a nivel mundial (CONAFAB, 2016), con una producción global de 995.6 millones de toneladas de alimento, de los cuales 463.69 millones fueron para el área avícola, casi la mitad de la producción mundial de alimentos balanceados (Alltech, 2016).

México ocupa el 5º lugar a nivel mundial en la producción de alimentos balanceados, con una producción de 31.11 millones de toneladas (Mill Ton.), superado por India (31.54 Mill Ton.), Brasil (68.70 Mill Ton), Estados Unidos (173.74 Mill Ton) y China (179.93 Mill Ton). En el 2015, del total del alimento producido (31.11 Mill Ton), el 49.79% (15.49 millones) fue de alimento para aves, y de éste el 13% se elaboró para gallinas de postura (Alltech, 2016).

Como región, Norteamérica ha tenido un crecimiento del 2.3%, cuenta con 6 mil 512 fábricas de alimento balanceado produciendo el 19.49% (194.08 Mill. Ton) del total global (Alltech, 2016). Dentro de los principales países productores México ocupa el tercer lugar, con un crecimiento del 3.8%, en comparación con el año 2014, al igual que Brasil, mientras que Estados Unidos líder regional, mantuvo la misma producción (CONAFAB, 2016). El costo del alimento por tonelada en dólares americanos en la región para pollo de engorda es de \$246.82, para gallina es de \$223.31 y para es de cerdo \$191.38 (Alltech, 2016).

La producción histórica de alimento balanceado a nivel nacional en el periodo de 2012 a 2016, hace resaltar que dentro de las cinco principales especies

pecuarias, el pollo de engorda es el principal consumidor de alimento, seguido por la gallina de postura, ganado lechero, cerdo y ganado de engorda; con una producción de alimento promedio de 8849 millones de toneladas, 6219 millones de toneladas, 4732 millones de toneladas, 4686 millones de toneladas y 3397 millones de toneladas, respectivamente (CONAFAB, 2016).

Las estimaciones señalan que en 2016 la producción de alimento balanceado nacional crecerá 3.2%, por lo tanto el crecimiento promedio anual en el periodo de 2013 a 2016 sería de más del 3% (CONAFAB, 2016).

1.2 Situación actual de la Avicultura

La participación de México a nivel mundial, con respecto a la industria avícola, es importante, ya que genera 4.7 % de la producción mundial, después de Japón (4.9%), Rusia (5.0%), India (8.2%), Estados Unidos (9.5%) y China (45.2%). La avicultura mexicana registró un crecimiento de 3.9% en el año 2015, esta industria representó el 0.79% del PIB nacional, 22.96% del PIB agropecuario y el 37.25% del PIB pecuario, dentro de este sector la avicultura representó el 63.6% (UNA, 2016).

En el 2015 se produjeron 2,637,581 toneladas de huevo, ubicando a México como el sexto productor de huevo a nivel mundial. Mientras que a nivel nacional Jalisco es el principal productor de huevo con una participación del 55%, seguido de Puebla con 15%, Sonora con 8%, La Laguna con 5%, Yucatán con 4%, Sinaloa con 3%, Guanajuato con 2%, Nuevo León con 2% y 5% del resto de los estados (UNA, 2016).

La industria de huevo en México ha tenido un crecimiento de 2.6% en relación a lo obtenido en el 2014. Se estima que la producción de huevo tendrá un crecimiento del 3 por ciento y de 2.7 millones de toneladas para el año 2016 (CONAFAB, 2016)

Por todo lo anterior, como resultado tenemos que en el año 2015 la avicultura generó 1 millón 220 mil empleos de los cuales 203 mil son directos y un millón 16 mil indirectos. Teniendo un crecimiento del 76.8% desde 1994 (UNA, 2016).

Al ser considerado como la proteína de origen animal más económica y con alto valor nutricional, se menciona que 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta productos avícolas (pollo, huevo, pavo). En el 2015 el consumo *per cápita* de huevo fue de 22.3 kg, ubicando a México como el principal consumidor a nivel mundial (UNA, 2016).

La parvada nacional está conformada con 153, 633, 544 millones de gallinas ponedoras, de las cuales las líneas genéticas de huevo con mayor participación son Bovans con 59%, seguida de Hy Line con 30%. El 97% de la producción es de huevo blanco y el 3% restante es de huevo rojo (UNA, 2016).

1.3 Situación del mercado de los granos

El abasto de materia prima para la producción de alimentos balanceados ha venido modificándose constantemente en los últimos años. De acuerdo al Banco Mundial, de 1987 a 2012 se han elevados los precios de granos y oleaginosas en el mercado internacional debido a su uso para producir biocombustible (Vidal, 2014); al aumento en la demanda de insumos alimenticios por parte de China e India, a la depreciación del peso frente al

dólar, junto con el cambio climático, sequías, inundaciones, huracanes y tormentas tropicales que en suma afectan la oferta de los insumos al elevar o bajar su precio. Como consecuencia tenemos el encarecimiento de las importaciones, incluyendo insumos alimenticios y maquinaria (Pesado, 2016).

No debemos olvidar que México no es autosuficiente para cubrir la demanda de granos que necesita la industria avícola. Por ejemplo, en el periodo de 1994 a 2014 se importó de un 19% hasta un 40% extra de sorgo, de lo que se produjo a nivel nacional, mientras el 92% del frijol de soya provino del extranjero y el otro 8% fue de la producción nacional (Pesado, 2016).

En los primeros cuatro meses del 2016, el país introdujo 10 millones 733 mil toneladas de granos y oleaginosas, siendo el mayor volumen histórico importado. En total se han importado 25.9 por ciento más de granos y oleaginosas en este cuatrimestre, con respecto al año pasado (Del Campo, 2016).

El abasto de materias primas para la producción de alimentos balanceados ha venido modificándose de manera constante. El consumo de granos forrajeros de cosechas nacionales en el 2015 fue de 19.275 millones de toneladas. Del consumo total de granos forrajeros (31.035 millones de toneladas) el 62% fue producción nacional, el otro 38% fue importado (CONAFAB, 2016).

De los granos forrajeros importados, el sorgo debido a su alto precio en los mercados internacionales, ha sido sustituido casi en su totalidad por maíz amarillo, en el 2015 se importaron 7.7 millones de toneladas de maíz, 1.5 millones de toneladas de pasta de soya y 0.120 millones de toneladas de sorgo (CONAFAB, 2016).

La producción nacional de pasta de soya se ubicó en 3.2 millones de toneladas con un aumento del 23% desde el 2011, y su consumo creció 8.8% para ubicarse en 5 millones de toneladas (CONAFAB, 2016).

Entre las fuentes de energía más utilizadas se encuentran el maíz y el sorgo, siendo este último el segundo grano más utilizado para los productos comerciales, mientras que la pasta de soya, es considerada como la fuente proteica de mejor elección para la alimentación avícola (Vitaliano, 2010). El precio del sorgo y la pasta de soya ha aumentado 145.59% y 175.92% respectivamente, en un periodo de 20 años (IndexMundi, 2016). Para el periodo de 2006 a 2015 el sorgo aumento en 144%, pasando de \$1,500 a \$3,657 peso por tonelada y la pasta de soya en 127%, pasando de \$2,890 a \$6,330 pesos por tonelada. En este periodo la inflación tuvo un incremento de 46.93% (CONAFAB, 2015).

1.4 Energía y Proteína

El potencial de producción de huevo en las estirpes actuales, se debe en parte a la alimentación. La cual esta basada en dietas con una alta densidad nutritiva y con un balance adecuado de energía, proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales (Cortés, 2009).

La energía se obtiene de la oxidación de carbohidratos, lípidos y aminoácidos (Pond, 2004). Las necesidades de energía para las aves están determinadas principalmente por las funciones de mantenimiento, el índice de crecimiento, la producción de huevos y la actividad física (Pond, 2004).

La energía de la dieta consumida por el animal, puede ser usada en tres diferentes formas: puede suministrar energía para el animal durante la actividad, puede ser convertida en calor o puede ser almacenada como tejido corporal. La energía alimentaria superior a la necesaria para el crecimiento normal y el metabolismo del ave, usualmente es almacenada en forma de grasa. La utilización de nutrientes óptima para el ave se logra cuando la dieta contiene la proporción de energía y nutrientes necesarios para producir el crecimiento, la producción de huevo o la composición corporal deseada (Leeson, 2001).

El nivel de energía de la dieta parece ser un factor determinante para la ingesta de alimento. La cantidad consumida depende de la necesidad del animal que varía dependiendo de su tamaño, su actividad, mantenimiento basal, temperatura ambiental, etapa de crecimiento o producción (Leeson, 2001).

La temperatura ambiental afecta notablemente la necesidad energética. Las bajas temperaturas aumentan la ingestión de alimento para proporcionar sustratos al aumento del índice metabólico en estas condiciones, mientras que la temperatura alta disminuye la ingestión de alimento (Pond, 2004).

La densidad energética de la dieta, también es una consideración práctica importante. En condiciones ambientales mencionadas por la casa genética, las aves pueden no consumir suficiente energía para satisfacer sus necesidades (Pond, 2004).

De las pérdidas de energía, las que se producen en la orina son en forma de desechos nitrogenados y otros compuestos no oxidados por el cuerpo del ave (Leeson, 2001).

Aunque todas las proteínas en un alimento se refieren colectivamente como “proteína”, difieren en su composición individual, ya que es la secuencia de aminoácidos y la manera en la que las cadenas de estos están conectados lo que determina las propiedades físicas y químicas de cada proteína individual, y por lo tanto la función biológica y la necesidad del ave (Lesson, 2001).

Las proteínas llevan a cabo diferentes funciones, la mayor parte de estas están presentes en forma de componentes de las membranas celulares, en el músculo, tejido conectivo, colágeno, estructuras de soporte como piel y plumas (Pond, 2004), esencial para la persistencia en el pico de postura y tamaño de huevo (Sindik *et al*, 2008; Martínez, 2008).

Hay muchos factores que pueden influir en el consumo de alimento y en los requerimientos de proteína de la gallina de postura. Entre ellas se encuentran: tamaño y estirpe de la gallina; temperatura ambiental; producción diaria de masa de huevo; vivienda (piso de jaula o plumas); espacio de alimentación por gallina, densidad de población; disponibilidad y composición del agua potable; estado de salud y energía en la dieta (Lesson, 2001).

Las dietas se formulan a partir de una mezcla de ingredientes principalmente por granos de cereales, subproductos de cereales, grasas, fuentes de proteína vegetales, subproductos de origen animal. De los costos totales de la alimentación, alrededor del 95% se destinará a satisfacer las necesidades de energía y proteína, los insumos más costosos dentro del alimento. (Velmurugu, 2013).

La atención de las demandas proteicas, o más específicamente de las exigencias de aminoácidos, representa del 40 al 45% del costo total del

alimento. Por eso, la reducción proteica ha sido vista como una de las vías posibles de mejorar los costos de producción. (Sindik. *et al*, 2008; Martínez, 2008).

En la formulación de las dietas para gallina de postura, es importante estipular un requerimiento mínimo de proteína, pero al mismo tiempo obtener los mejores porcentajes de producción con la menor conversión alimenticia posible; esto tiene el fin de mejorar los costos (Cortés, 2009).

1.5 Nitrógeno y Fósforo

Durante los últimos 22 años, el consumo *per-cápita* de carne de pollo y huevo ha ido en aumento, lo que equivale al incremento de la producción anual de las aves. Inevitablemente, al aumentar la producción avícola, la cantidad de excretas es mayor. Por su composición, estas se han utilizado principalmente, como fertilizantes orgánicos (Evers, 1998; Smith *et al*, 2001). A pesar de esto, los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear grandes problemas de contaminación ambiental, debido a las grandes cantidades de fósforo, nitrógeno y azufre que se producen de la gallinaza (Costa *et al*, 2000; Smith *et al*, 2001).

La composición de la gallinaza está directamente influenciada por la constitución del alimento, si hay altos niveles de nitrógeno en está, se espera que haya más nitrógeno en la gallinaza (Lesson, 2005). En las aves, más del 50% del nitrógeno del alimento se excreta como ácido úrico (Uremovic *et al*, 2001); y por el sistema de alojamiento y el tipo de almacenamiento, esto puede causar un efecto dramático sobre la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco. Un enfoque para reducir el problema de los niveles de nutrientes en

las tierras de cultivo, implica la reducción de nitrógeno y fósforo en la alimentación tomando límites más bajos, para la formulación del alimento, de tal manera que la producción no se vea afectada de manera negativa (Lesson, 2005).

Por lo tanto, los niveles de proteína y de aminoácidos de la dieta se pueden cambiar dependiendo de las diferentes etapas de crecimiento para hacerla más exacta. Bajo tales condiciones de alimentación, la cantidad total de nitrógeno, fósforo y otros minerales ingeridos y excretados se puede reducir. En las aves se realizan diferentes estrategias nutricionales, con respecto a la cantidad de energía y proteína, aplicándose principalmente en pollo de engorda por razones de eficiencia y de salud (Verstegen, 2003).

Para lograr un aumento en la eficiencia de la utilización del nitrógeno ingerido, se deben tener en cuenta los siguientes puntos: un nivel correcto de aminoácidos esenciales, un nivel adecuado de aminoácidos totales, y dar una proporción de aminoácidos/energía adecuada (Verstegen, 2003).

Al igual que con el nitrógeno, los niveles de fósforo en las excretas son asociados a la dieta. La mayor parte del fósforo en la gallinaza es fósforo fítico sin digerir de los principales ingredientes como la pasta de soya; éste pasa a ríos y lagos, lo que da lugar a fenómenos de eutrofización de las corrientes de agua y de los reservorios acuáticos; provocando la mortalidad de la fauna acuática (Jongbloed *et al*, 1996).

Uno de los temas más relevantes es la carga de nitrógeno y fósforo en las excretas, ya que se han convertido en minerales causantes de problemas medioambientales a nivel mundial (Lesson, 2005).

Justificación

Considerando que la alimentación de las gallinas de postura representa el 67% de los costos de producción, los incrementos constantes de las materias primas para la elaboración de alimento, y pensando que sus necesidades nutricionales están sobre estimadas, generando un mayor desperdicio de proteína y energía al ambiente, cualquier ajuste tanto en la forma de alimentarlas como en la disminución de nutrientes para optimizar el comportamiento productivo de la gallina, se verá reflejado en una disminución de excreción de nitrógeno al ambiente y también un ahorro en el costo de la alimentación.

Hipótesis

Si el comportamiento productivo de la gallina de primer ciclo con alimentación controlada y menor densidad de nutrientes, es igual o no difiere del comportamiento productivo de la gallina de primer ciclo alimentada con dietas que cubran sus necesidades nutricionales y con alimentación *ad libitum*, entonces podremos ahorrar costos de alimentación, debido al ahorro de proteína en la dieta y en la forma de alimentación.

Objetivo General

Evaluar el efecto de dos densidades nutricionales con y sin alimentación controlada sobre el comportamiento productivo de gallinas Bovans White de primer ciclo.

Objetivos Particulares

Evaluar el efecto de dos densidades nutricionales con y sin alimentación controlada sobre:

- Porcentaje de postura, y peso promedio de huevo.
- Consumo de alimento ave d^{-1} .
- Masa de huevo ave/día e índice de conversión alimentaria.
- Ganancia o pérdida de peso de las aves.
- Evaluar la calidad interna del huevo y grosor de cascarón.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México; localizada en la calle de Manuel M. López S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Ciudad de México. Se encuentra a una altitud de 2240 msnm entre los paralelos 19°17' latitud Norte y los meridianos 99° 02' longitud oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm (García, 1988; INEGI, 2010).

Todos los procedimientos de manejo de las aves cumplieron con los requisitos señalados por el comité institucional para el cuidado y uso de animales experimentales (CICUA-FMVZ-UNAM con base a la norma oficial mexicana NOM-062-ZOO-1999).

Se utilizaron 432 gallinas de postura, de la línea Bovans White de 83 semanas de edad y 64 semanas en producción, con un peso promedio inicial de 1827.8 ±82.3g, alojadas en una caseta de ambiente natural con jaulas tipo California de dos niveles con una distribución piramidal (450 cm² por ave), con bebederos de copa por cada dos jaulas y un comedero tipo canaleta (13.3 cm/ave).

Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x2 en donde el primer factor fue el tipo de dieta (una dieta normal que cubrió las necesidades nutricionales de acuerdo al manual de la estirpe, y una dieta con disminución en nutrientes) y el segundo factor fue el tipo de

alimentación (*ad libitum* y consumo controlado) cada tratamiento contará con 9 repeticiones de 12 aves cada una (3 aves por jaula). Se les proporciono un fotoperíodo de 16 hrs de luz por día. El agua se ofreció a libre acceso durante todo el experimento.

Se formuló una dieta con base en sorgo + pasta de soya, con 15.12% de PC, 2820 kcal/kg de EM y 0.77% lisina digestible, (dieta normal), se formuló otra dieta con base en sorgo + pasta de soya, isocalórica reducida en proteína y lisina digestible, con 15% de PC y 0.71% lisina digestible (dieta baja) los demás nutrientes fueron acorde a las necesidades nutricionales de la gallina Bovans White de acuerdo a la fase de producción (ISA, 2015) (Cuadro 1).

Los tratamientos experimentales, consistieron como se señala a continuación:

Tratamiento 1.- Dieta normal, alimentación *ad libitum*.

Tratamiento 2.- Dieta baja en nutrientes, con alimentación *ad libitum*.

Tratamiento 3.- Dieta normal, con alimentación controlada (101g).

Tratamiento 4.- Dieta baja en nutrientes, con alimentación controlada (101g).

Durante los 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de porcentaje de postura, consumo de alimento ave d^{-1} (g), peso promedio de huevo ave d^{-1} (g), masa de huevo ave d^{-1} y conversión alimentaria (kg:kg), el porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara (sin cascarón).

Al inicio, mitad y final del experimento se pesarán 144 gallinas del total de la población (16 gallinas por tratamiento) mediante un muestreo aleatorio sin remplazo (Méndez *et al*, 2004) para determinar ganancia o pérdida de peso.

Finalizando el experimento se evaluó la calidad interna de huevo con un equipo de marca TSS y la coloración de la yema con un colorímetro de la marca TSS QCC Yolk Colour con transformaciones a valores absolutos de abanico de DSM, realizándose a 4 huevos por réplica.

Análisis estadístico

A los datos obtenidos de las variables antes mencionadas como respuesta a los diferentes tratamientos, se les realizó un análisis con forme al diseño experimental empleado, con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde: $i = 1, 2$ (efecto del i -ésima dieta)
 $j = 1, 2$ (efecto del j -ésima alimentación)
 $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ (k a-ésima error de la observación)

Y_{ijk} = variable de respuesta (porcentaje de postura, consumo de alimento ave/día (g), peso promedio de huevo ave/día (g), masa de huevo ave/día y conversión alimentaria (kg:kg), porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara (sin cascarón).

μ = media general

α_i = efecto del i -ésima dieta

β_j = efecto del j -ésima alimentación

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del i -ésima dieta y j -ésima alimentación

e_{ijk} = error experimental

La comparación múltiple de medias después de que el ANDEVA detecto diferencias, se realizó mediante la prueba de Tukey con un valor de error tipo I propuesto de una $p < 0.05$, con el paquete computacional SPSS ver. 17.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación sobre el comportamiento productivo de la gallina Bovans White a través del tiempo se muestran en el Cuadro 2. En donde se observa que el porcentaje de postura disminuyó a lo largo de las semanas de experimentación ($p < 0.01$), la cual afectó a la masa de huevo, presentando una disminución en 4.7g durante el período de experimentación ($p < 0.01$); por lo que el índice de conversión alimentaria aumentó de 1.845 a 2.016 ($p < 0.01$). Para el caso del peso de huevo (64.8g), consumo de alimento ave d^{-1} (106.7g), porcentaje de huevo roto (5.96%) y huevo sin cascarón (3.94%), no influyó el tiempo sobre estas variables ($p > 0.05$). Efecto que no fue observado en el porcentaje de huevo sucio el cual se vió incrementado al pasar las semanas de experimentación ($p < 0.01$).

La respuesta productiva promedio de las gallinas Bovans White al ser alimentadas con dietas de normal y baja densidad, con alimentación *ad libitum* y controlada, se muestran en el Cuadro 3. En el tipo de alimentación *ad libitum* o controlada, se encontró para peso de huevo en la cual hubo una disminución de un gramo en la dieta donde la alimentación era controlada (64.3g) con respecto a la dieta *ad libitum* (65.3g) ($p < 0.05$). El consumo de alimento disminuyó en la dieta controlada (101g) en torno a la dieta *ad libitum* (111g) ($p < 0.05$). Por consecuencia el índice de conversión que es una relación entre el alimento y el peso del huevo también disminuyó, mejorando en la dieta controlada respecto a la dieta *ad libitum* (1.853 vs 1.974 kg:kg respectivamente) ($p < 0.05$). Si se calcula el costo de producción de un kilogramo de huevo por concepto de alimentación la dieta controlada \$8.96 y la

dieta *ad libitum* costaría \$9.54, lo que representaría en un ahorro de \$0.58 por kilogramo de huevo en la dieta controlada.

En el cuadro 3 se observa la respuesta a la masa de huevo ave día⁻¹ con alimentación *ad libitum* y controlada, donde disminuyó en la dieta controlada (55.2g) en 1.5g con respecto a la alimentación *ad libitum* (56.7g) ($p < 0.05$).

Las variables porcentaje de postura, porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara, no fueron afectadas por el tipo de alimentación ($p > 0.05$).

La respuesta productiva de la gallina Bovans White en cuanto al tipo de dieta normal o de baja densidad (Cuadro 3) no se vio afectada, por lo que no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa para las variables estudiadas ($p > 0.05$).

No se encontró interacción entre el tipo de alimentación (controlada o *ad libitum*) ni al tipo de dieta (normal o baja densidad) en los parámetros productivos ni en porcentaje de huevo roto y sucio ($p > 0.05$).

Se encontró una tendencia a disminuir el porcentaje de huevo sin cascarón ($p = 0.053$) en la dieta de baja densidad con alimentación controlada (2.72%) con respecto a la dieta *ad libitum* y de baja densidad (5.26%). Las dietas de alta densidad con alimentación *ad libitum* y controlada, fueron muy similares (3.52% vs 4.26% respectivamente) (figura 1).

Los resultados obtenidos en la calidad de huevo al final del experimento se muestran en el Cuadro 4. Para el tipo de alimentación, el grosor de cascarón, color de la yema y unidades Haugh no se observaron afectadas ($p > 0.05$).

Los resultados de calidad de huevo a lo largo de las 10 semanas de experimentación, en la dieta normal y de baja densidad, con alimentación *ad libitum* y controlada, se presentan en el Cuadro 4, en donde observamos que para las variables grosor de cascarón, color de yema y unidades Haugh no hubo una diferencia significativa ($p>0.05$) en ninguno de los casos. En la interacción entre ambos factores (tipo de alimentación y dieta), no hubo diferencia significativa ($p>0.05$).

No se encontró efecto del tipo de dieta normal o baja densidad, ni para la interacción entre la forma de alimentar a las gallinas (*ad libitum* y controlado) para las variables grosor de cascarón, color de la yema y las unidades Haugh.

El peso promedio inicial fue similar en los tratamientos sin presentar una diferencia ($p>0.05$). Los resultados obtenidos para cambio de peso durante los 70 días de experimentación se muestran en el Cuadro 5. A pesar de estas pérdidas no hubo diferencia estadística ($p>0.05$).

4. DISCUSIÓN

En un trabajo realizado por Hocking *et al.*, (1996) indicaron que los programas de restricción de alimento poco agresivos pueden mejorar los índices de bienestar y pueden ser compatibles con alta producción de huevos, efecto que se observó en la producción obtenida en esta prueba, que fue mayor (86.4%) a la tendencia mencionada en el manual de la estirpe (72.1%) (ISA, 2015).

Las aves en el presente estudio consumieron en promedio 301 kcal, al realizar el cálculo que menciona el NRC de 1994 (anexo 1) el consumo promedio resultó en 332 kcal/ave, y aplicando la fórmula de Rostagno (2011) (anexo 1) se obtuvo un consumo promedio de 329 kcal/ave mientras que el manual de la estirpe señala una ingesta de 291 kcal/ave a las 80 semanas de edad (ISA, 2015). Al comparar los resultados obtenidos del presente estudio con los diferentes tipos de alimentación (controlada y *ad libitum*) y el tipo de dieta (normal y baja densidad), se encontró que los consumos de energía fueron similares de acuerdo con el NRC (1994) y Rostagno *et al.* (2011) (Cuadro 6) ($p>0.05$), y al utilizar como parámetro el valor del manual de la estirpe ISA (2015) mediante una prueba de Z con los tipos de dieta y forma de alimentación (Anexo 2), se encontró que las aves del presente estudio consumieron más kilocalorías de lo que menciona el manual de la estirpe a excepción de la alimentación controlada que fue menor a la que menciona el manual de la estirpe. Por lo que las necesidades energéticas que menciona el manual de la estirpe podrían estar sobreestimadas, debido a que las aves con alimentación controlada mostraron mayor producción que lo que menciona el manual. Por otro lado Peguri y Coon, en 1993 mencionan que las necesidades energéticas de las aves están influenciadas, principalmente por el nivel de

producción, peso y nivel de emplume del ave, además de factores externos como la temperatura de la caseta.

Lesson (2001) menciona de energía consumida por el animal el 24.14% se utiliza para la producción de huevo, el 1.72% para crecimiento, el 41.38% para mantenimiento y el 32.7% para mantenimiento de la temperatura corporal. Durante el estudio las aves perdieron peso. La mayor pérdida se observó en las aves con dieta de baja densidad y alimentación controlada, en promedio perdieron 72.5 g durante todo el estudio ($p > 0.05$).

Esta pérdida no afectó ninguno de los parámetros productivos, debido a que las aves se encontraban 8% por encima del peso que menciona el manual de la estirpe, por lo que posiblemente las aves utilizaron sus reservas energéticas para compensar la disminución de la ingesta, la densidad del alimento y la variación de la temperatura, que osciló entre 9.7 a 30 °C (Figura 6) (Lesson, 2005; López, 2013).

En cuanto al emplume, las aves de la prueba obtuvieron un valor de dos puntos de acuerdo a Glatz (2001), quien menciona que con este nivel plumaje se debió de haber incrementado el consumo de alimento, efecto que no fue observado en este experimento, sin embargo estos resultados coinciden con Hagger (1989) que menciona que no hay alteraciones con el consumo de alimento (figura 2, 3, 4 y 5).

En este estudio el consumo de ácido linoleico tanto en la alimentación *ad libitum* (2.364%) como en la alimentación controlada (2.155%) fue superior a las recomendaciones del NRC (1994), Grobas *et al.* (1999), Wu *et al.* (2005) y Pérez *et al.* (2012a) quienes mencionan que la necesidad de ácido linoleico no es mayor al 1.15% para aumentar tamaño de huevo, por lo que el efecto que

pudo tener el ácido linoleico sobre el tamaño de huevo no se vio reflejado en ninguna de estos dos tipos de alimentación pudiendo ser atribuido a la ingesta de proteína y aminoácidos azufrados.

Fuente *et al.* (2011) y Pérez y *et al.* (2012b), mencionan que el consumo de proteína mínimo debe de ser de 15% para tener una máxima producción, resultados que fueron confirmados en este experimento, en el cual se obtuvo como mínimo 15.4% de ingesta de proteína.

El peso del huevo es muy sensible a la disminución de proteína y aminoácidos azufrados (Rosales, 2015a). Este efecto se observó en la dieta controlada, debido a que estas aves consumieron en promedio 1.5g menos proteína que las gallinas que tenían una alimentación *ad libitum* (Lesson, 2001). Al limitar proteína y aminoácidos tenemos como resultado un efecto benéfico para tamaño de huevo en aves viejas (93 semanas), ya que el huevo producido por estas es demasiado grande, además, los sistemas metabólicos de las aves alimentadas con proteína y aminoácidos ideales no trabajan tan duro para eliminar el exceso de nitrógeno, hay una mayor eficiencia de utilización de ambos para los propósitos productivos (Rosales, 2015b).

Investigaciones han mostrado que por cada 1% de reducción en la proteína cruda de la ración hay un 10% de reducción en las pérdidas de nitrógeno en el excremento de las aves (Rosales 2015a), por lo tanto en este estudio se estima que hubo una reducción en pérdidas de nitrógeno del 15% en la dieta controlada (15.3g) con respecto a las dietas *ad libitum* (16.8g).

Por otro lado la ingesta de lisina y aminoácidos azufrados fue menor en 5% para las gallinas con alimentación controlada en donde se ve la disminución de tamaño de huevo, con respecto a las de libertad (Cuadro 7), resultados

similares a los obtenidos por Roland *et al.*, (1992) y Novak *et al.*, (2004) sin afectar la producción de huevo, al igual que Rama *et al.* (2011). Por lo tanto la ingesta de proteínas, independientemente de la ingesta de energía, parece linealmente relacionada con el tamaño del huevo (Lesson, 2001), probablemente una proporción ideal de energía/proteína proporcionará un rendimiento óptimo (Wu *et al.*, 2005).

Se calculó el consumo de lisina y de aminoácido azufrados consumidos por gallina durante la prueba (Cuadro 7, 8 y 9). Donde se observa que hubo una menor ingesta de aminoácidos al mantener una alimentación controlada, seguido por el tipo de dieta con baja densidad, normal y finalmente la alimentación *ad libitum* siendo diferentes entre sí. De igual forma al realizar el cálculo de estos aminoácidos con las formulas propuestas por Coon (1998), Lesson (2001) y Rostagno *et al.* (2011) se encontró que cada autor tiene sus propias recomendaciones de aminoácidos, quedando los consumos de lisina y aminoácidos azufrados de esta prueba (789 y 645 mg/ave) superiores a lo que menciona Lesson (693 y 582 mg/ave) Coon (737 y 619 mg/ave), e inferiores a lo que menciona Rostagno *et al.* (804 y 676 mg/ave).

Los consumos de lisina mg/ave en general obtenidos en la prueba, en comparación con el manual de la estirpe (845mg/ave) (ISA, 2015) son inferiores en cualquiera de los casos. En cuanto a los aminoácidos azufrados la dieta de densidad baja y alimentación controlada es la más cercana a los requisitos del manual (ISA, 2015) (639 mg/ave).

Se comparó el consumo de lisina mg/ave en las dietas normal y baja densidad, con los diferentes autores (Figura 7). Se encontró que la ingesta de lisina obtenida por la fórmula de Rostagno *et al.* (2011) para las aves de estas

características es similar a lo obtenido en la dieta de densidad normal de este experimento, en cuanto a consumo de lisina de la dieta de baja densidad los resultados no coinciden con ninguno de los valores calculados por los autor mencionado para las gallinas de estas características, siendo valores inferiores a los obtenidos en el estudio.

Para el tipo de alimentación *ad libitum* y controlada, la ingesta de lisina mg/ave (Figura 8), es similar a los resultados calculados para las aves con estas características que menciona Rostagno *et al.* (2011) y Coon (1998), respectivamente, el valor obtenido por la ecuación de Lesson (2001) fue inferior el consumo de lisina.

La comparación del consumo de aminoácidos azufrados con los consumos calculados de los diferentes autores, en la dieta normal (Figura 9) y para el tipo de alimentación *ad libitum* (Figura 10) fueron similares a lo que se calculó con la ecuación de Rostagno *et al.* (2011), y la dieta de baja densidad (Figura 9) y alimentación controlada (Figura 10) fue muy parecido a lo calculado por Coon (1998), siendo los resultados calculados por Lesson (2001) inferiores en ambas dietas y en ambas formas de alimentación.

Los resultados obtenidos de grosor de cascarón coinciden con los encontrados por Sohail *et al.* (2002) y Safaa *et al.* (2008).

Los resultados obtenidos de porcentaje de huevo sucio y roto fueron similares a los obtenidos por Pérez, (2012b) en dietas bajas en proteína. En cuanto a la disminución de huevo en fáfara (sin cascarón) en las dietas controladas, no se encontró explicación aparente, a este evento.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que:

1. El empleo de una dieta de baja densidad proteica no afectó los parámetros productivos: ni el porcentaje de huevo sucio y en fáfara, así como la calidad interna del huevo, ni la ganancia de peso de las aves.
2. El tipo de alimentación *ad libitum* o controlada no afectó la producción de huevo, el porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara, así como el grosor de cascarón y el color de la yema.
3. La alimentación controlada disminuyó el peso de huevo, el consumo de alimento, la masa de huevo y la conversión alimentaria.
4. El ahorro kilogramo de huevo producido por concepto de alimentación, fue. de \$0.58.

6. REFERENCIAS

- [CONAFAB] Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal. 2016. *La Industria Alimentaria Animal de México 2016*. Ciudad de México. <http://www.edicionespecuarias.com/conafab2016/> [consulta: 20 abr 2016].
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Marco Geoestadístico Nacional*. México, Aguascalientes. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/consulta_localidades.aspx [consulta: 11 abr 2016].
- [NOM] Norma Oficial Mexicana. [consulta: 11 abr 2016]. NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. México: DOF-SEGOB.
- [NRC] National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Rev. Ed. NAS-NRC. Washington D.C.
- [UNA] Unión Nacional de Avicultores. 2016. Compendio de Indicadores
- Alltech, 2016. Encuesta global sobre alimento balanceado. Kentucky, US [consulta: 10 abr 2016].
- Banco Mundial [1994]. Washington DC, USA. Jim.YK (presidente). <http://www.bancomundial.org> [consulta: 10 abr 2016].

- Barrientos M (fundador). 2016 Index Mundi. [en línea, base de datos].
<http://www.indexmundi.com/es/preciosdemercado/?mercancia=sorgo&meses=240&moneda=mxn> [consulta: 10 abr 2016].
- Coon C, Zhang B. 1998. Ideal amino acid profile and metabolizable energy requirements for layers. *Memorias de la 59ª Conferencias de nutrición y Si IPC Simposio técnico; septiembre 21-23*. Bloomington, Minnesota. [consulta: 27 jul 16].
- Cortes CA, 2009. Sistemas de alimentación en gallinas productoras de huevo para plato. En: Hernández VX, Quintana LJ, López CC. *Zootecnia Avícola*. Coyoacan, Ciudad de México, México: .Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México.
- Costa A, Urgel O. 2000. El nuevo reto de los purines. *EDIPOR*, 30 : 24
- Del Campo, M. 2016. Bate récord a abril el grano importado. *Acontecer agropecuario*, disponible desde: http://www.acontecer-agropecuario.com/profiles/blog/show?id=6524895%3ABlogPost%3A54319&xgs=1&xg_source=msg_share_post [consulta: 22 jul 16]
- Evers GW. 1998. Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. *Journal of Sustainable Agriculture*, 12 (4):55-77
- Fuente MB, Mendoza MG, Arce MJ, López J, Ávila GE. 2011. *Respuesta productiva de gallinas a dietas con diferentes niveles de proteína*. *Archivos de medicina veterinaria*, 44(1):67-74.

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301732X2012000100010&script=sci_arttext&tlng=pt [consulta: 27 jul 16].

García M. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República mexicana*. México D.F.: Talleres Offset Larios.

Glatz PC. 2001. Effect of poor feather cover on feed intake and production of age laying hens. *Asian Australasian Journal Of Animal Sciences*, 14(4): 553-558. [http://www.ajas.info/upload/pdf/14-81\[2\].pdf](http://www.ajas.info/upload/pdf/14-81[2].pdf) [consulta: 27 oct 16].

Grobas S, Mendez J, De Blas C, Mateos GG. 1999. Laying Hen Productivity as Affected by Energy, Supplemental Fat, and Linoleic Acid Concentration of the Diet. *Poultry science*, 78(11):1542-1551. <http://ps.oxfordjournals.org/content/78/11/1542.short> [consulta: 26 jul 16]

Hagger C, Marguerat C, Steiger-Stafl D, Stranzinger G. 1989. Plumage condition, feed consumption, and egg production relationships in laying hens. *Poultry Science*, 68(2): 221-225. <http://ps.oxfordjournals.org/content/68/2/221.short> [consulta: 26 oct 16]

Hocking PM, Maxwell MH, Mitchell MA. 1996. Relationships between the degree of food restriction and welfare indices in broiler breeder females. *British Poultry Science*, 37(2):263-278. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071669608417858> [consulta: 27 jul 16].

- ISA A Hendrix Genetics Company, 2015. *Bovans White Commercial Management Guide*. ISA A Hendrix Genetics Company.
- Jongbloed AW, Van der Klis JD, Kemme PA, Versteegh HA, Mroz Z. 1996. Libro de Resúmenes de la 47ª Reunión Anual EAAP; 25-29 agosto. Lillehammer, Norway:Asociación Europea de Producción Animal.
- Lesson S, Summer JD. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3ª edición. Guelph, Ontario, Canada: Nottingham University Press.
- Lesson S, Summers J.2001. *Nutrition of the chicken*. 4th ed. Guelph, Ontario, Canada : University Books
- López G. 2013. *El uso eficiente de la energía en ponedoras*. Memorias 6ª Reunión Anual AECACEM; febrero 20 - 22. San Juan del Rio, Querétaro, México: Aviespecialistas de México. [consulta: 27 jul 16].
- Martínez A. 2008. *Avances en Nutrición de Gallinas de Postura*. Memorias del 3^{er} Congreso CLANA; noviembre.18 – 21. Cancún, Quintana Roo, México: Colegio Latinoamericano de Nutrición Animal. http://www.amena.mx/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1&Itemid=125&limitstart=10 [consulta: 04 abr 16].
- Méndez RI, Eslava GG. y Romero MP, 2004. *Conceptos básicos de muestreo*. México: UNAM-IIMAS.
- Novak C, Yakout, H, Scheideler S. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poultry Science*, 83(6): 977-

984. <http://ps.oxfordjournals.org/content/83/6/977.short> [consulta: 26 jul 16]

Peguri, A, Coon C. 1993. Effect of feather coverage and temperature on layer performance. *Poultry Science*, 72(7):1318-1329.

Pérez BA, Jabbour C, Frikha M, Mirzaie S, Garcia J, Mateos GG. 2012b. Effect of crude protein and fat content of diet on productive performance and egg quality traits of brown egg-laying hens with different initial body weight. *Poultry Science*, 91(6): 1400-1405, <http://ps.oxfordjournals.org/content/91/6/1400.short> [consulta: 26 jul 16]

Pérez BA, Novoa S, García J, Mohiti AM , Frikha M, Mateos GG. 2012a. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poultry science*, 91(12):3156-3166. <http://ps.oxfordjournals.org/content/91/12/3156.short> [consulta: 26 jul 16]

Pesado A. 2016. *Avicultura en México entorno (Comercio Internacional) y Perspectivas*. Memoria 9º Congreso Internacional AVEM; febrero 23 – 25. Juriquilla, Querétaro, México: Congreso Internacional Aviespecialistas de México AC.

Pond WG, Church DC. 2004. *Fundamentos de Nutrición y Alimentacion de Animales*. 2nd. México : Limusa Wiley.

Rama RS, Ravindran V, Srilatha T, Panda AK, Raju M. 2011. Effect of dietary concentrations of energy, crude protein, lysine, and methionine on the performance of White Leghorn layers in the tropics. *The Journal of*

Applied Poultry Research, 20(4):528-541.

<http://japr.oxfordjournals.org/content/20/4/528.short> [consulta: 27 jul 16].

Rigolin, P. 2016. *La Industria Avícola y su papel en la alimentación del futuro*.

BM Editores. Alltech. <http://bmeditores.mx/industria-avicola-su-papel-en-alimentacion-del-futuro/> [consulta: 04 abr 16].

Roland Sr, DA, Rao SK, Bryant MM, Self J. 1992. Econometric nutrition:

Maximizing profits in commercial Leghorns by optimizing feeding method, total sulfur amino acid intake and environmental temperature. In

Degussa Technical Symposium. Degussa Corp., Indianapolis, 47-57.

[consulta: 26 jul 16]

Rosales ME. 2015a. *Actualización de la nutrición de la ponedora moderna*.

Memorias 8^a Reunión Internacional AVEM; marzo 11- 12. San Juan del Rio, Querétaro, México: Aviespecialistas de México. [consulta: 27 jul 16].

Rosales ME; Fernández S. 2015b. *Estrategias nutricionales y de manejo para*

mejorar la rentabilidad en la industria del huevo. Memoria XXIV ALA; septiembre 8 - 11. Guayaquil, Ecuador: Congreso Latinoamericano de Avicultura.

Rostagno SH, Albino TFL, Donzeler LJ, Gomes CP, Oliveira FR, Lopes CD,

Ferreira SA, Barreto TSL, Euclides FR. 2011. *Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. 3^a ed. Universidad Federal de Vicosa – Departamento de Zootecnia.

- Safaa HM, Serrano MP, Valencia DG, Arbe X, Jiménez E, Lázaro R, Mateos GG. 2008. Effects of the levels of methionine, linoleic acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the late phase of production. *Poultry science*, 87(8):1595-1602. <http://ps.oxfordjournals.org/content/87/8/1595.short> [consulta: 27 jul 16].
- Sindik M, Terraes JC, Sandoval L, Revidatti F, Fernández R, Betella A. 2008. *Efectos de diferentes relaciones energía/proteína sobre el comportamiento productivo de pollos parrilleros hembra*. InVet, 10(1). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982008000100003 [consulta: 09 abr 16].
- Smith KA, Brewer AJ, Crabb J, Dauven A. 2001. A survey of the production and use of animal manures in England and Wales . *Soil Use and Management*. 17:48
- Sohail SS, Bryant MM, Roland DA. 2002. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan and total sulfur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. *Poultry Science*, 81(7):1038-1044. <http://ps.oxfordjournals.org/content/81/7/1038.short> [consulta: 27 jul 16].
- Sutton AL, Ong HK, Zulkifli I, Tee TP, Liang JB. 2002. The role of education and technology transfer in livestock waste management. In *Global perspective in livestock waste management. Proceedings of the Fourth International Livestock Waste Management Symposium and Technology Expo, May 19-23. Penang, Malaysia*: Malaysian Society of Animal Production [consulta: 10 ago 16].

- Uremovic Z, Uremovic M, Lukovic Z, Katalinic I. 2001. Effect of feeding and housing system in fattening pigs on environmental pollution. *Agronomski-Glasnik*, 63(5): 215-213
- Velmurugun R. 2013. *Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Revisión del desarrollo Avícola. <http://www.fao.org/3/a-al705s.pdf> [consulta: 10 abr 16].
- Verstegen M, Jongbloed A. 2003. Crystalline Amino Acid and Nitrogen Emission. En: D'Mello J. *Amino Acid in Animal Nutrition*. 2nd ed. Wallingford, USA: CABI publishing. Pp 449- 452
- Vidal F. 2014. *Uso de las xilanasas en dietas con maíz para pollos*. DSM. <http://www.actualidadavipecuaria.com/dsm/articulos/uso-de-xilanasas-en-dietas-con-maiz-para-pollos.html> [consulta: 02 abr 16].
- Vitaliano G. 2010. *La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores*. Avicultura. <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t3104/141-p0.htm#> [consulta: 12 abr 16]
- Wu G, Bryant MM, Voitle RA, Roland DA. 2005. Effect of Dietary Energy on Performance and Egg Composition of Bovans White and Dekalb White Hens During Phase I. *Poultry science*, 84(10):1610-1615. <http://ps.oxfordjournals.org/content/84/10/1610.short> [consulta: 26 jul 16]

7. CUADROS

Cuadro 1. Dietas experimentales empleadas en gallina Bovans White de primer ciclo (kg).

Ingrediente	Dieta Normal	Dieta baja densidad
Sorgo	632.397	636.681
Pasta de Soya	201.104	199.656
Carbonato de calcio	118.620	118.625
Aceite de soya	26.998	25.799
Monofosfato de calcio	6.367	6.364
Sal	4.407	4.406
Metionina	2.402	1.903
Vitaminas postura ¹	2.000	2.000
L-Lisina HCl	1.648	0.912
Minerales ²	1.000	1.000
Pigmento rojo natural ³	0.800	0.800
L – Treonina	0.616	0.203
Cloruro de colina 60%	0.500	0.500
Larvicida ⁴	0.500	0.500
Bacitracina BMD	0.300	0.300
Antioxidante ⁵	0.150	0.150
Fitasa ⁶	0.100	0.100
Pigmento amarillo ⁷	0.050	0.050
Total	1000	1000
Costos ⁸	\$4880.39	\$4791.36
Análisis calculado		
Energía metabolizable, kcal/kg	2820	2820
Proteína cruda, %	15.129	15.097
Metionina + cistina digestible, %	0.630	0.580
Metionina%	0.462	0.413
Lisina digestible, %	0.770	0.710
Triptofano %	0.193	0.193
Arginina digestible, %	0.830	0.827
Fosforo disponible, %	0.340	0.340
Calcio total, %	4.600	4.600
Sodio, %	0.180	0.180
Acido linoleico, %	2.145	2.089

¹Vitaminas/kg: vitamina A 6000.00 KUI, vitamina D3 1000 KUI, Rovimi Hy D 1.25% 2500 mg, vitamina E 15000 mg, vitamina K3 1750.19 mg, vitamina B1 1250.28 mg, vitamina B2 3500 mg, vitamina B6 1750.70 mg, vitamina B12 10 mg, Niacina 15000.62 mg, ácido pantoténico 5000.40 mg, ácido fólico 500 mg, biotina 50 mg, bioCholine poder 80 mg, aceite mineral 5 g, cantaxantina 1000 mg.

²Minerales/kg Manganeso 120.0g, Zinc 100g, Hierro 120g, Cobre 12g, Yodo 0.7g, Selenio 0.4g, Cobalto 0.2g, y cuanto baste para un kilo

³Avired (PIVEGS) pigmento avícola extraído del fruto del chile (*Capsicum annum*), 5g/kg.

⁴Larvadex: larvacida, N-ciclopropil-1,3,5-triazina -2, 4,6 triamina (10g/kg).

⁵BHA 1.2%, Etoxiquin 4.8%, agentes quelantes 10%.

⁶Fitasa Ronozyme® Hyphos (GT).

⁷Lucantin yellow: carotenoides y xantofilas 10% ester etílico del ácido beta-apo-8-carotenoico.

⁸Precios obtenidos de CONAFAB. Comparativo de precios indicativos de materias primas (LAB Jalisco) febrero 2011

Cuadro 2. Respuesta productiva general de las gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad

Semana	Postura, %	Peso de Huevo, g	Consumo de alimento ave d ⁻¹ , g	Índice de conversión kg:kg	Masa de huevo ave d ⁻¹ , g	Roto, %	Fáfara, %	Sucio, %
1	89.62	64.90	107.00	1.845	58.20	5.48	3.54	2.79
2	87.54	64.85	106.34	1.882	56.75	5.99	4.34	1.91
3	87.80	64.72	106.76	1.884	56.82	5.50	3.37	3.30
4	88.26	64.69	106.90	1.876	57.08	5.69	3.14	4.71
5	87.47	64.57	107.48	1.906	56.47	6.45	3.19	3.47
6	87.21	64.73	107.43	1.908	56.45	7.21	4.38	2.97
7	85.61	64.86	105.20	1.902	55.52	4.81	3.81	2.88
8	84.80	64.41	106.68	1.959	54.64	5.89	3.96	3.96
9	84.05	64.91	106.43	1.955	54.53	5.50	5.00	3.23
10	81.55	65.63	107.37	2.016	53.49	7.05	4.66	3.13
Promedio	86.40	64.88	106.77	1.912	56.03	5.96	3.94	3.25
Probabilidad	<0.0001	0.30	0.10	<0.0001	<0.0001	0.40	0.20	0.01
EEM	0.91	0.29	0.53	0.02	0.60	0.73	0.55	0.49

EEM= Error Estándar de la Media

Cuadro 3. Respuesta productiva en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad, con alimentación ad libitum y controlada y dietas de normal y baja densidad

	Postura, %	Peso de Huevo, g	Consumo de alimento ave d ⁻¹ , g	Índice de conversión kg:kg	Masa de huevo ave d ⁻¹ , g	Huevo		
						Roto, %	Fárfara, %	Sucio, %
Alimentación								
Ad libitum	86.92	65.34 ^a	111.83 ^a	1.974 ^a	56.79 ^a	6.41	4.39	3.01
Controlada	85.86	64.33 ^b	101.82 ^b	1.853 ^b	55.21 ^b	5.51	3.49	3.48
EEM	0.85	0.28	0.49	0.01	0.52	0.70	0.57	0.44
Dieta								
Normal	87.15	64.68	106.36	1.893	56.37	6.13	3.89	3.53
Baja	85.63	64.99	107.18	1.934	55.62	5.78	3.99	2.96
EEM	0.85	0.28	0.49	0.01	0.52	0.70	0.57	0.44
Probabilidad								
Alimentación	0.38	0.01	<0.0001	<0.0001	0.04	0.37	0.27	0.46
Dieta	0.21	0.44	0.24	0.09	0.32	0.72	0.90	0.37
Alimentación * Dieta	0.62	0.37	0.85	0.77	0.93	0.86	0.05	0.42

EEM= Error Estándar de la Media

Literales distintas (a, b) en la misma columna y tipo de alimentación indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Cuadro 4. Calidad de huevo de las 83 a las 93 semanas de experimentación en gallinas Bovans White, con alimentación *ad libitum* y dietas de normal y baja densidad, y controlada

	Grosor de cascarón, (mm)	Color de la yema*	Unidades Haugh
Alimentación			
Ad libitum	0.35	12	85.95
Controlada	0.35	12	87.75
EEM	0.006	0.09	0.073
Dieta			
Normal	0.35	12	87.16
Baja	0.35	12	86.53
EEM	0.006	0.08	0.073
Probabilidad			
Alimentación	0.81	0.99	0.094
Dieta	0.70	0.75	0.54
Alimentación * Dieta	0.14	0.80	0.74

EEM= Error Estándar de la Media

*Determinado con un espectrofotometro de reflectancia de la marca TSS con transformaciones a abanico de DSM.

Cuadro 5. Cambio de peso durante 70 días de experimentación en gallinas Bovans White de 83 semanas de edad, con alimentación *ad libitum* y controlada y dietas de normal y baja densidad

	Peso inicial (g)	Ganancia de peso, (g)
Alimentación		
Ad libitum	1843.8	-34.6
Controlada	1811.7	-71.3
EEM	18.36	26.08
Dieta		
Normal	1815.2	-32.2
Baja	1840.3	-73.7
EEM	18.36	26.08
Probabilidad		
Alimentación	0.21	0.32
Dieta	0.33	0.26
Alimentación * Dieta	0.43	0.92

EEM= Error Estándar de la Media

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ninguno de los tratamientos ($p > 0.05$)

Cuadro 6. Consumo de kilocalorías ave/día, durante 10 semanas de experimentación en gallinas Bovans White de 83 semanas con alimentación *ad libitum* y controlada, y dietas de normal y baja densidad

	Obtenido	Energía metabolizable, kcal/ave	
		NRC, 1994 ²	Rostagno, 2011 ²
	Alimentación		
Controlada (15.3g) ¹	287.1 ^a	329.2 ^a	326.2 ^a
Ad libitum (16.8g)	315.0 ^b	335.2 ^b	332.3 ^b
EEM	1.39	1.88	1.83
	Dieta		
Normal (16.0g)	299.9	331.8	329.1
Baja (16.1g)	302.2	332.6	329.4
EEM	1.39	1.88	1.83
	Probabilidad		
Alimentación	<0.0001	0.03	0.02
Dieta	0.24	0.76	0.89
Alimentación * dieta	0.85	0.56	0.61

¹Números entre paréntesis indican el consumo de proteína

²El consumo de energía se calculó de acuerdo a las fórmulas que mencionan estos autores (anexo 1)

EEM= Error Estándar de la Media

Literales distintas (a, b) en la misma columna indican valores estadísticamente diferentes (p<0.05)

Cuadro 7. Comparación de los consumos de lisina y aminoácidos azufrados (mg/ave), con fórmulas de diferentes autores, en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad con alimentación *ad libitum* y controlada, y dietas de normal y baja densidad.

	Lisina, mg/ave	Metionina + cistina mg/ave
Alimentación		
Ad libitum	772.8 ^a	644.5 ^b
Controlada	740.1 ^b	617.5 ^a
EEM	2.84	2.38
Dieta		
Normal	766.4 ^a	639.3 ^a
Baja	746.5 ^b	622.7 ^b
EEM	2.84	2.30
Referencias		
Obtenido	789.9 ^b	645.8 ^b
Coon (1998)	737.9 ^c	619.8 ^c
Lesson (2001)	693.2 ^d	582.2 ^d
Rostagno (2011)	804.8 ^a	676.0 ^a
EEM	4.02	3.37
Probabilidad		
Alimentación	<0.0001	<0.0001
Dieta	<0.0001	<0.0001
Autor	<0.0001	<0.0001
Alimentación * Dieta	0.802	0.801
Alimentación * Autor	<0.0001	<0.0001
Dieta * Autor	<0.0001	<0.0001
Alimentación * Dieta * Autor	0.997	0.997

EEM= Error estándar de la media

Literales distintas (a, b) en la misma columna indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.001$)

Cuadro 8. Comparación de los consumos de lisina (mg/ave), calculados con fórmulas de diferentes autores, en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad, con alimentación *ad libitum* y controlada, y dietas de normal y baja densidad

Autores	Alimentación				Promedio
	Controlada		<i>Ad libitum</i>		
	Dieta		Dieta		
	Normal	Baja	Normal	Baja	
Obtenido	781.3	725.4	856.5	796.6	789.9 ^b
Coon (1998)	731.6	724.3	753.2	742.6	737.9 ^c
Lesson (2001)	687.0	681.8	818.9	810.9	693.2 ^a
Rostagno (2011)	798.0	791.3	704.3	699.5	804.8 ^d
Alimentación*Dieta	749.4	730.7	783.2	762.4	

Literales distintas (a, b, c, d) en la misma columna indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Cuadro 9. Comparación de los consumos de aminoácidos azufrados (mg/ave), calculados con fórmulas de diferentes autores, en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad, con alimentación *ad libitum* y controlada, y dietas de normal y baja densidad.

	Alimentación				Promedio
	Controlada		<i>Ad libitum</i>		
	Dieta		Dieta		
	Normal	Baja	Normal	Baja	
Autores					
Obtenido	639.3	592.5	700.8	650.7	645.8 ^b
Coon	614.6	608.4	632.7	623.8	619.8 ^c
Lesson	577.1	572.7	591.6	587.6	582.2 ^d
Rostagno	670.3	664.7	687.8	681.1	675.9 ^a
Alimentación*Dieta	625.3	609.5	653.2	635.8	

Literales distintas (a, b, c, d) en la misma columna indican valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

8. FIGURAS

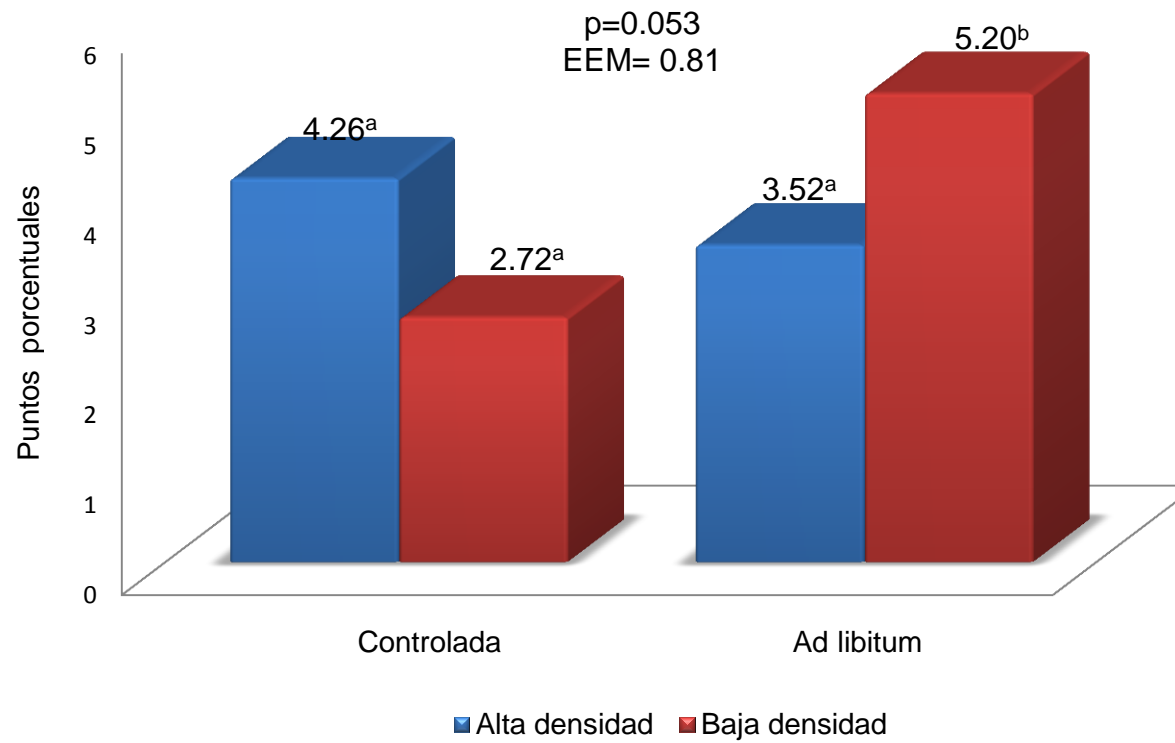


Figura 1. Porcentaje de huevo sin cascarón, en gallinas Bovans White de 83 semanas de edad con alimentación ad libitum y controlada, y dietas de normal y baja densidad, durante 70 días de experimentación.

Semana 1



Semana10



Figura 2. Seguimiento de las gallinas Bovans White de 83 semanas de edad, sometidas a una dieta de normal densidad con alimentación *ad libitum*, en donde se observa la condición del emplume, a la semana uno y diez de la prueba.

Semana 1



Semana 10



Figura 3. Seguimiento de las gallinas Bovans White de 83 semanas de edad, sometidas a una dieta de baja en densidad con alimentación *ad libitum*, donde se observa la condición del emplume, a la semana uno y diez de la prueba.

Semana 1



Semana 10

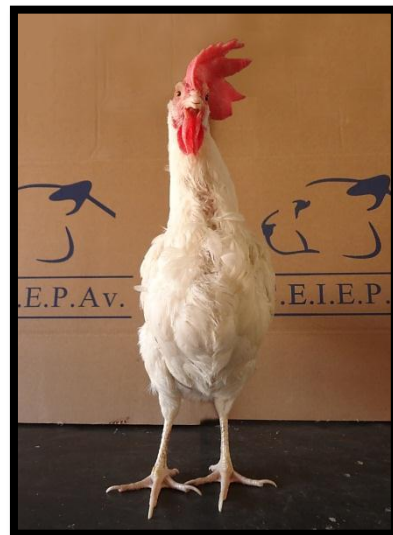


Figura 4. Seguimiento de las gallinas Bovans White de 83 semanas de edad, sometidas a una dieta de normal densidad con alimentación restringida a 101g, en donde se aprecia la condición del emplume, a la semana uno y diez de la prueba.

Semana 1



Semana 10



Figura 5. Seguimiento de las gallinas Bovans White de 83 semanas de edad, sometidas a una dieta de baja densidad con alimentación restringida a 101g, en donde se observa la condición del emplume, a la semana uno y diez de la prueba.

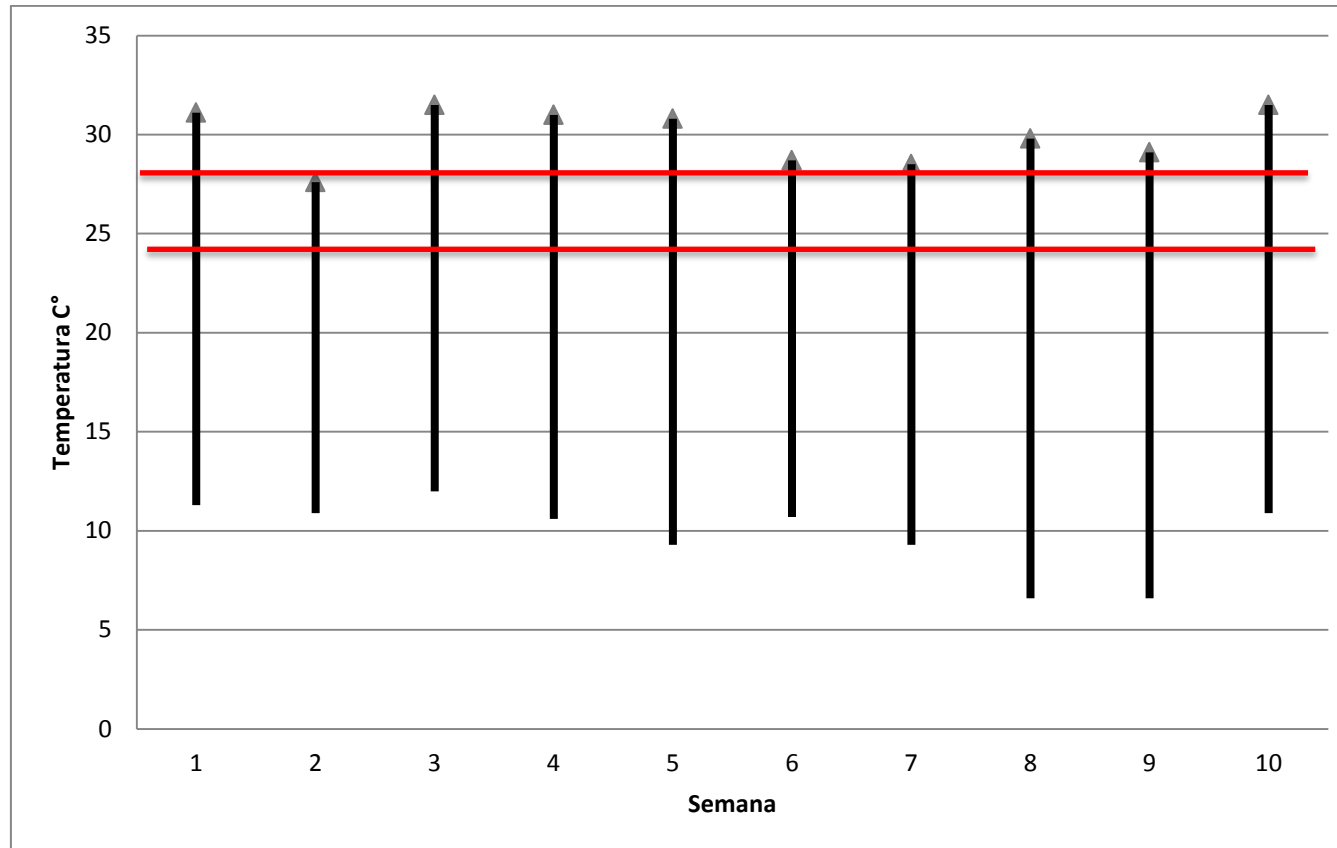


Figura 6. Registro semanal de temperatura a lo largo de 10 semanas de experimentación dentro de la caseta de ambiente natural. Temperatura máxima = 30°C; mínima= 9.7°C; promedio = 18.4°C.

El espacio entre las líneas rojas en el gráfico marca la temperatura confort (24 – 28°C) de las gallinas Bovans White.

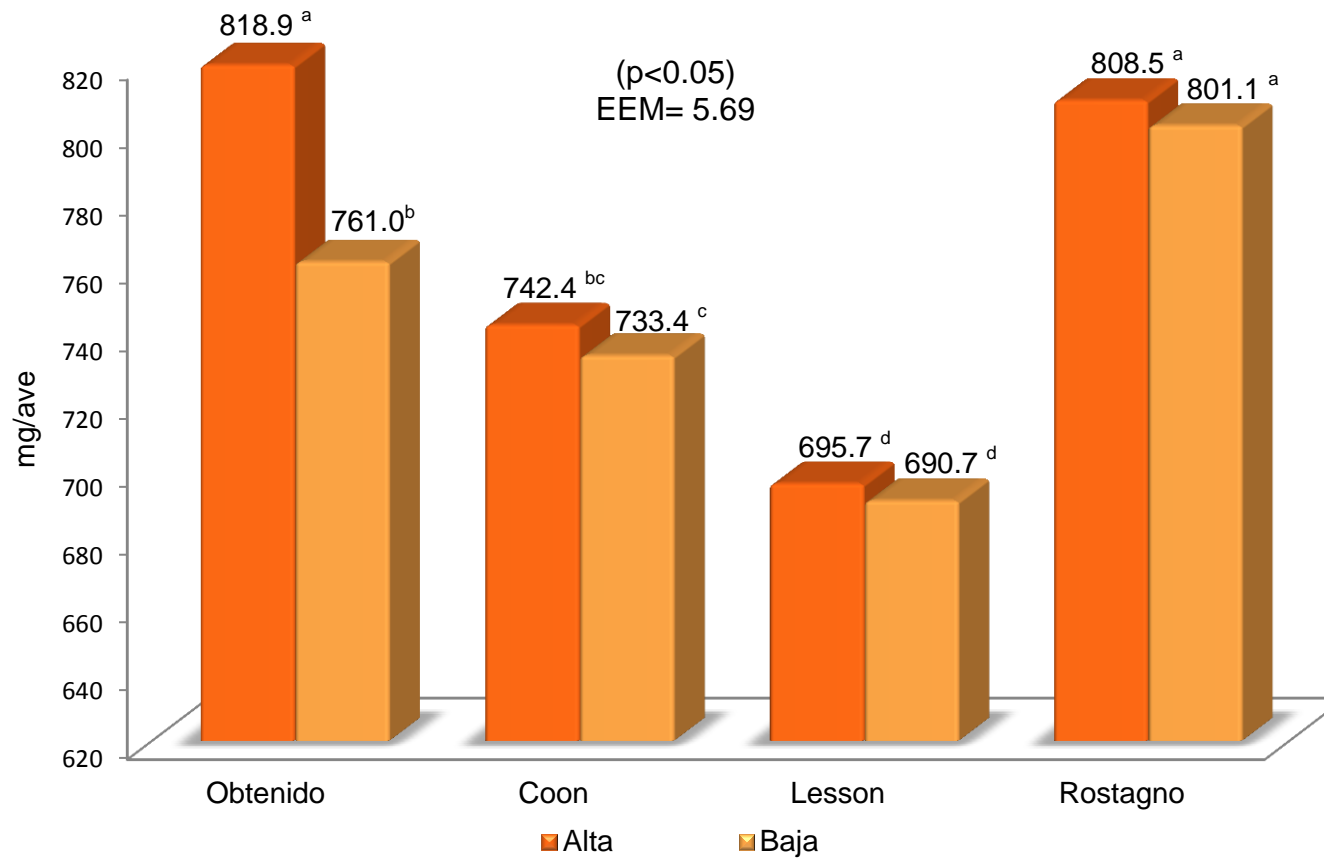


Figura 7. Comparación del consumo de Lisina (mg/ave) en dietas de normal y baja densidad, y calculados por fórmulas de diferentes autores en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad.

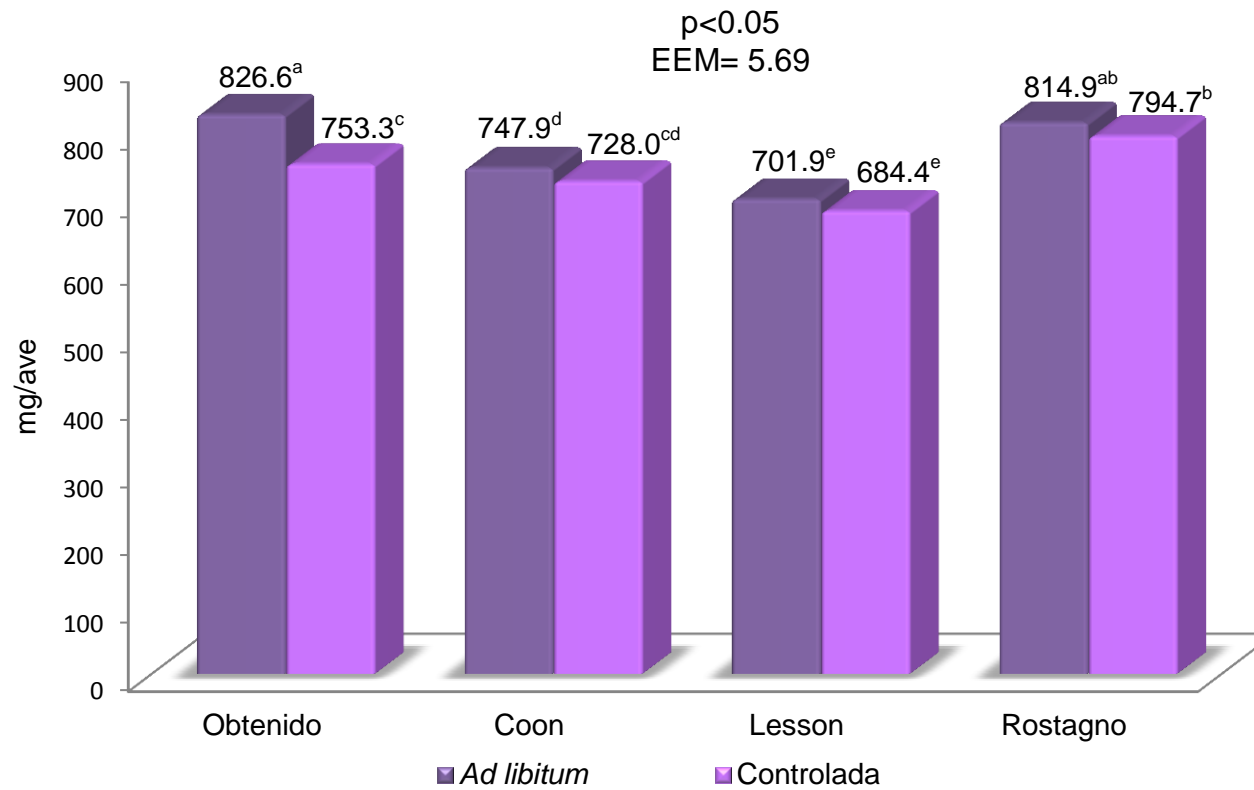


Figura 8. Comparación del consumo de Lisina (mg /ave) en la alimentación *ad libitum* y controlada, y calculados por fórmulas de diferentes autores en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad.

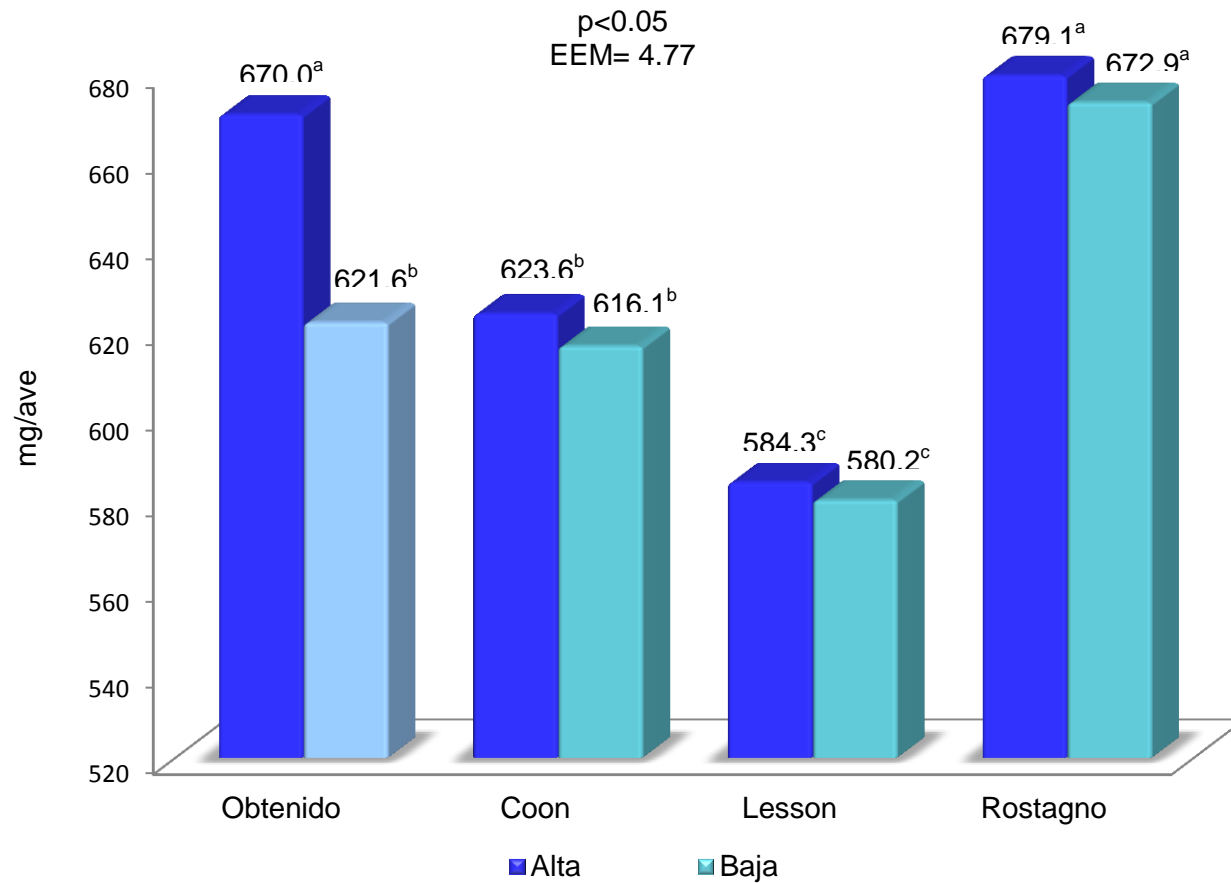


Figura 9. Comparación del consumo de aminoácidos azufrados (mg/ave) en dietas de normal y baja densidad, y calculados por fórmulas de diferentes autores en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad.

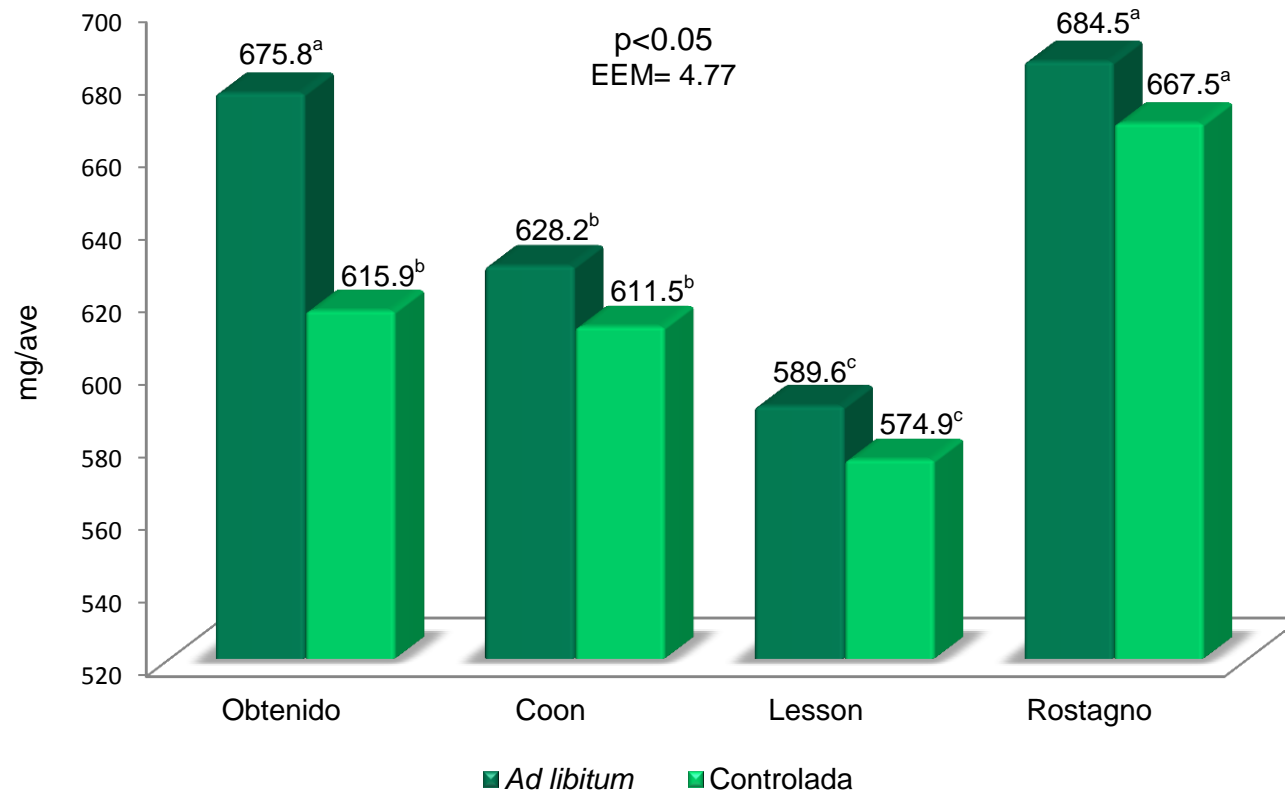


Figura 10. Comparación del consumo de aminoácidos azufrados (mg /ave) en la alimentación *ad libitum* y controlada, y calculados por fórmulas de diferentes autores en gallinas Bovans White de 83 a 93 semanas de edad.

9. ANEXOS

Anexo 1

Ecuación 1. Estimación de las necesidades de energía metabolizable (EM) de Gallinas Ponedoras de acuerdo al NRC de 1994.

$$EM \text{ (kJ/d)} = W^{0.75} (724 - 8.15 T^{\circ} C) + 23\Delta W + 8.66 EM$$

Dónde:

W = Peso corporal (kg)

T = temperatura ambiente (C°)

ΔW = Cambio en el peso corporal (g)

EM = Masa de huevo (g)

Conversión de kilojoules (kJ) a kilocalorías (kcal).

1. Al tener el valor establecido de kilojoules (kJ), se multiplicara éste por el factor de conversión (1000 J / 1kJ). Las unidades de kJ se cancelarán y se obtendrá el valor en Joules (J).
2. El valor obtenido en el paso anterior, se multiplicara por el factor de conversión (0.230 calorías / 1 J). Las unidades J se cancelarán y se obtendrá un valor en calorías.
3. Este último valor, se multiplicara por el factor de conversión (1kcal / 1000 calorías). Las unidades de calorías se cancelan y se tendrá un valor final en kilocalorías.

Ecuación 2. Estimación de las necesidades de energía metabolizable (EM) de Gallinas Ponedoras de acuerdo a Rostagno 2011.

$$\mathbf{EM \text{ (Kcal/ave/días)} = 115.5 P^{0.75} + 7.62 G + 2.4 \text{ Huevo} + 3P^{0.75} (21 - T)}$$

Dónde:

P = Peso corporal en kg

G = Ganancia de peso g/ave/día

Huevo = g de huevo /ave/ día = $\frac{\% \text{ de postura} \times \text{Peso del huevo}}{100}$

T = Temperatura media en, °C

Ecuación 3. Estimación de las necesidades de lisina digestible verdadera, de Gallinas Ponedoras de acuerdo a Rostagno 2011.

$$\mathbf{Lis. \text{ dig. (g/ave/día)} = 0.07^{0.75} + 0.020 G + 0.0124 \text{ Huevo}}$$

Dónde:

P = Peso corporal en kg

G = Ganancia de peso / ave / día en g

Huevo = Masa de huevo, g huevo/ ave/ día = $\frac{\% \text{ de postura} \times \text{Peso del huevo}}{100}$

Ecuación 4. Estimación de las necesidades de lisina digestible, de Gallinas Ponedoras de acuerdo a Lesson 2001.

$$\mathbf{Lis. \text{ Dig. (mg/ave/día)} = 9.99E + 73W}$$

Dónde:

E= Masa de huevo diaria (g)

W= Peso corporal (kg)

Anexo 2

Prueba de Z

$$Z = \frac{\text{Valor del manual de la línea genética} - \text{valor obtenido}}{\delta \text{ del valor obtenido} / \sqrt{n} \text{ de observaciones}}$$

δ = Desviación estándar de la muestra.

Valor obtenido = los valores se encuentran en el cuadro 6.

Global

$$Z = \frac{291 - 301.1 *}{16.28 / \sqrt{36}} = -3.72$$

*Este valor se obtuvo del promedio de todo el experimento.

Por tipo de dieta (normal)

$$Z = \frac{291 - 299.94}{14.78 / \sqrt{18}} = -2.56$$

Por tipo de dieta (baja)

$$Z = \frac{291 - 302.26}{16.12 / \sqrt{18}} = -2.96$$

Por tipo de alimentación (ad libitum)

$$Z = \frac{291 - 315.06}{7.87 / \sqrt{18}} = -12.97$$

Por tipo de alimentación (controlada)

$$Z = \frac{291 - 287.14}{2.58 / \sqrt{18}} = 6.34$$