

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



**Efecto de la formulación por aminoácidos digestibles y diferentes
niveles de proteína bruta para gallinas ponedoras sobre el
comportamiento productivo**

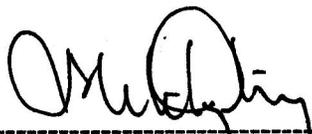
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

LITA LÓPEZ KINO

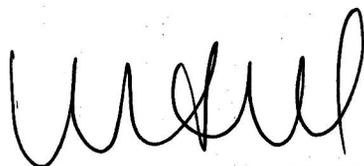
**TRUJILLO, PERÚ
2018**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



M.V.Mg. Ciro Alejandro Meléndez Tamayo.

PRESIDENTE



Ing.Mg. Mario Narro Saldaña.

SECRETARIO



M.V.Mg. Luis Ortiz Tenorio.

VOCAL



Ing.Dr. Wilson Lino Castillo Soto.

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y por guiarme cada minuto y hacer que todo este esfuerzo fuera posible a pesar de las adversidades.

A mi esposo Humberto Salirrosas, por su apoyo incondicional, por creer y confiar en mí.

A mis gemelas Zaira Milleva y Daira Itzel porque son el motor en mi vida que me permite seguir adelante.

A mis padres por alentarme siempre y por los consejos que nada es imposible cuando uno se propone.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas sus bendiciones y por permitirme terminar exitosamente éste trabajo.

A mi asesor Dr. Wilson Castillo, por su orientación, por su valioso tiempo y sobre todo por confiar en mi persona.

Al Ing. César Honorio por su apoyo y haber compartido su experiencia y conocimiento sobre el tema de éste trabajo de investigación.

A todas las personas que me apoyaron en todo el trayecto del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	pág.
CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Situación actual de la producción avícola	3
2.2 Gallinas ponedoras (fase de producción).....	4
2.3 Proteína bruta (PB)	6
2.4 Proteína ideal	7
2.5 Aminoácidos Digestibles	8
2.6 Nitrógeno en heces	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1 Lugar de experimentación.....	17
3.2 Instalaciones	17
3.3 Animales.....	17
3.4 Manejo de las aves	17
3.5 Alimentación.....	18
3.6 Variables independientes	20
3.7 Tratamientos	20
3.8 Variables dependientes	20
3.9 Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS.....	22

	pág.
4.1 Evaluación del comportamiento productivo durante el periodo total evaluado (30 a 36 semanas de edad).	22
4.2 Evaluación del comportamiento productivo en cada semana durante el periodo evaluado.	22
4.3 Evaluación del consumo de aminoácidos y de proteína, por tratamiento.	26
4.4 Evaluación de la relación de aminoácidos con el concepto de proteína ideal (Aminoácido: Lisina).	26
4.5 Análisis económico evaluado durante el periodo de 30 a 36 semanas de edad.	27
4.6 Evaluación de la concentración de N en excreta de la crianza de gallinas ponedoras de la línea Hisex Brown.	28
V. DISCUSIÓN	29
5.1 Evaluación del comportamiento productivo durante el periodo total evaluado.	29
5.2 Evaluación del comportamiento productivo en cada semana.	30
5.3 Evaluación del consumo de los aminoácidos por tratamiento.	31
5.4 Evaluación de la relación de aminoácidos con el concepto de proteína ideal (Aminoácido: Lisina).	32
5.5 Análisis económico del uso de diferentes niveles de proteína y aminoácidos sintéticos en la dieta de gallinas ponedoras.	34
5.6 Evaluación de la concentración de N en excreta durante el periodo de experimentación.	34
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37
VIII. BIBLIOGRAFÍA:	38
IX. ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Respuesta de mayor significancia en la semana 32 de producción de huevo con diferentes niveles de proteína.....	233
Figura 2. Respuesta de mayor significancia en la semana 31 del peso del huevo con diferentes niveles de proteína.....	24
Figura 3. Respuesta de mayor significancia en la semana 32 de la masa de huevo ave/día en gallinas con diferentes niveles de proteína	25
Figura 4. Respuesta de mayor significancia en la semana 30 a la conversión alimenticia en gallinas con diferentes niveles de proteína	255

ÍNDICE DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas experimentales	19
Cuadro 2. Promedio de variables productivos de aves de postura de las 30 a 36 semanas en función del nivel de proteína en la dieta	22
Cuadro 3. Promedios semanales de mayor diferencia significativa de las variables productivos.....	23
Cuadro 4. Consumo diario de aminoácidos y de proteína bruta en gallinas.....	26
Cuadro 5. Relación de aminoácidos (%) para la gallina ponedoras con el concepto de proteína ideal	27
Cuadro 6. Costos de producción, ingresos y beneficios netos obtenidos en cada tratamiento por ave durante el periodo evaluado	28
Cuadro 7. Promedio de la variable de concentración de nitrógeno (%) en excreta	288

ÍNDICE DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Producción promedio de huevos (%) por tratamiento, durante 7 semanas.....	422
Anexo 2. Consumo de alimento (g/ave/día) promedio por tratamiento, durante 7 semanas.....	422
Anexo 3. Peso de huevo (g) promedio por tratamiento, durante el periodo evaluado.....	433
Anexo 4. Masa de huevo (g/ave/día) promedio por tratamiento, durante el periodo evaluado.....	433
Anexo 5. Conversión alimenticia (kg de alimento/kg de huevo producido) promedio por tratamiento.....	444
Anexo 6. Producción de huevos (kg/ave) e ingresos por tratamiento....	444
Anexo 7. Concentración de Nitrógeno en excreta (%) promedio por tratamiento.....	455
Anexo 8. Valores recomendados de consumo de aminoácidos digestibles	455

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar niveles diferentes de proteína bruta y la utilización de aminoácidos digestibles y por la poca información del uso de dietas reducidas en proteína con perfil de proteína ideal en la dieta de gallinas ponedoras sobre el comportamiento productivo, beneficio económico y excreción de nitrógeno en heces, se utilizaron 96 gallinas de 30 a 36 semanas de edad de la línea Hisex Brown alojadas en jaulas de seis aves cada una y distribuidas a través de un diseño de bloques al azar (DBA) en cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las gallinas fueron alimentadas con dietas a base de maíz nacional y torta de soya y suplementados con aminoácidos sintéticos, formuladas a 13, 14, 15 y 16% de proteína bruta con niveles similares de los aminoácidos digestibles: lisina 0.800% (100), metionina+cistina 0.780% (98), treonina 0.610% (76), triptófano 0.190% (24) y valina% 0.740 (93). Las variables evaluadas fueron producción de huevos, peso del huevo, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, beneficio económico y concentración de nitrógeno en excreta. Los resultados fueron analizados a través del análisis de varianza de regresión.

Los índices productivos encontrados como promedio de los tratamientos en todo el periodo evaluado, no mostraron variación significativa ($P > 0.05$), lo cual significa que las formulaciones con diferentes niveles de proteína y adición de aminoácidos digestibles son factibles de ser usados. El beneficio económico mejoró y la excreción de nitrógeno se redujo con los niveles inferiores de proteína bruta en la dieta. Concluyéndose que es factible el uso de dietas con menores niveles de PB, desde que se atienda el requerimiento de aminoácidos digestibles.

ABSTRACT

With the aim of evaluating different levels of crude protein and the use of digestible amino acids and the little information on the use of diets reduced in protein with ideal protein profile in the diet of laying hens on the productive behavior, economic benefit and nitrogen excretion in stool, we used 96 hens from 30 to 36 weeks of age of the Hisex Brown line housed in cages of six birds each and distributed through a randomized block design (DBA) in four treatments and four repetitions. The hens were fed diets based on national corn and soy cake and supplemented with synthetic amino acids, formulated at 13, 14, 15 and 16% crude protein with similar levels of digestible amino acids: lysine 0.800% (100), methionine + cystine 0.780% (98), threonine 0.610% (76), tryptophan 0.190% (24) and valine% 0.740 (93). The variables evaluated were egg production, egg weight, egg mass, feed intake, feed conversion, economic benefit and nitrogen concentration in excrete. The results were analyzed through regression analysis of variance.

The productive indices found as average of the treatments in the whole evaluated period, did not show significant variation ($P > 0.05$), which means that formulations with different protein levels and addition of digestible amino acids are feasible to be used. The economic benefit improved and the nitrogen excretion was reduced with the lower levels of crude protein in the diet. Concluding that it is feasible to use diets with lower PB levels, since attending the requirement of digestible amino acids.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la industria avícola ha sido siempre reducir el costo de alimentación que representa entre el 70 a 80% de los costos de producción de huevo (Fuente y otros, 2012). Sin embargo, con la continua alza de precios de los insumos tradicionales motivado por los cambios en su utilización, por variaciones en la producción en función del cambio climático los mismos que alteran los precios internacionales, este objetivo se vuelve más difícil de cumplir.

Por otro lado, durante muchos años, las formulaciones de alimentos para monogástricos se realizaron usando el concepto de proteína bruta (PB), resultando frecuentemente en dietas con niveles aminoacídicos superiores a los exigidos por los animales. Con los avances de las investigaciones en el área de nutrición y metabolismo animal, así como de tecnología de producción de aminoácidos industriales a precios compatibles, se volvió posible la formulación de alimentos con menor contenido proteico y niveles de aminoácidos más cercanos a las necesidades del animal. Cuanto más cercana sea la composición de aminoácidos de la dieta a la exigencia de los animales, más eficiente será la utilización de la proteína suministrada, observándose también reflejos positivos en la utilización de los demás nutrientes (Sá y otros, 2012).

De igual modo, la determinación de las exigencias nutricionales y la evaluación de la calidad de los alimentos han optimizado la producción de alimentos, permitiendo un adecuado suministro de aminoácidos, así como de otros nutrientes esenciales. Para reducir los costos de los alimentos, la tendencia actual es la incorporación de aminoácidos industriales, fácilmente disponibles en el mercado, en reemplazo de las fuentes proteicas tradicionales. Las investigaciones con aminoácidos están siendo dirigidas a la formulación de alimentos con base

en aminoácidos digestibles, siendo una tendencia en la avicultura industrial en los últimos años, en virtud de proporcionar mayor seguridad en los reemplazos de alimentos convencionales y más eficiencia en la deposición de proteína a bajo costo (Silva y otros, 2000; citado por Dos Santos y otros, 2013). Sin embargo, la tendencia no sólo es la de reducir la concentración de proteína, sino también que se elimine una menor cantidad de nitrógeno al ambiente (Harms y Russell, 1993, citado por Fuente y otros, 2012)

La formulación por aminoácidos digestibles para aves de posturas con niveles de proteína bruta inferiores a los requerimientos establecidos, se presenta como una alternativa para evitar los excesos de aminoácidos si atendiéramos a las necesidades de proteína bruta.

Algunos trabajos en pollos de engorde han demostrado que el comportamiento productivo de las aves no se ve afectado desde que se atiende las necesidades de aminoácidos digestibles, independientemente de la proteína bruta (Martínez, 2008); sin embargo, en aves de postura en la etapa de producción, esto aún no ha sido demostrado bajo las condiciones de crianza de la costa peruana.

Con estos antecedentes, para el presente estudio cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de gallinas Hisex Brown, al ser alimentadas con dietas bajas en proteína y suplementados con aminoácidos que se encuentran en forma comercial (L-lisina HCl, DL-Metionina, L-Treonina, L-Triptófano y L-Valina) para atender las necesidades de acuerdo al perfil de proteína ideal, desarrollada en relación a la lisina.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Situación actual de la producción avícola

De acuerdo al informe periodo mayo 2017 presentado por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI, 2017), la producción de huevo se incrementó en 5.37%. Los centros de producción más importantes son Ica, Lima y La Libertad; la producción en Ica creció 4.55% y en Lima 17.41%, sin embargo en La Libertad registró una caída de -3.90%.

Así mismo Contreras y Gutierrez (2017), informan que en el mes de Marzo del año 2017, la producción avícola presentó un crecimiento del 5.3% respecto a lo obtenido en similar mes del año anterior. Este incremento estuvo impulsado principalmente por la producción de pollo (6.1%) y huevo de gallina para consumo (5.4%); debido al aumento de la demanda de este producto, dado su versatilidad en la preparación gastronómica, asimismo los precios bajos comparativamente con otros productos de fuente proteica de origen animal, tales como el vacuno, ovino, porcino, entre otros. Con respecto a los precios al por mayor de los principales productos avícolas; en el mes de Marzo, el precio del huevo de gallina para consumo se vendió a S/ 3.86 por kilogramo en el Mercado Mayorista de Santa Anita, lo que mostró una disminución de 7.4% respecto a similar mes del año 2016.

Por otro lado, los costos de producción son un indicador importante en la evaluación de los aspectos económicos en avicultura, teniendo un gran impacto en la rentabilidad de las granjas e influyendo en la competitividad entre los países. La alimentación es el principal componente que corresponde a 61%, pollito recién nacido 15%, otros costos variables 10% y el alojamiento 9% (Salvador y Guevara, 2013).

2.2. Gallinas ponedoras (fase de producción)

Cuando ha terminado la época de recría, las aves comienzan su etapa de producción, o sea su vida adulta. Esta comienza a partir de los 5 a 6 meses, dependiendo de la raza que se explote. Durante esta etapa las aves se mantienen según su tipo de producción y la técnica empleada para explotarlos (Castellanos, 1990).

Así mismo, la fase productiva de la gallina ponedora dura aproximadamente 60 semanas, de las 22 a las 82 semanas de edad, y puede dividirse en tres fases de 20 semanas cada una: La primera es la más decisiva desde el punto de vista nutricional, si se toma en cuenta que deben satisfacerse tanto los requerimientos de mantenimiento, como aquéllos necesarios para permitirle incrementar su peso corporal de 1.450 a 1.900 kg; llevar la producción de huevo de 0 a 85% (el porcentaje de postura llega a su máximo a las 32 a 36 semanas de edad), e incrementar el peso del huevo de 40 a 60 gramos. La segunda fase comprende desde que las gallinas alcanzan su peso máximo (42 semanas de edad, aproximadamente) hasta que el porcentaje de postura es menor a 65% (casi 62 semanas de edad). En la tercera fase la producción continúa su descenso hasta que las aves alcanzan las 82 semanas de edad y entonces ocurre la muda o se desechan y sustituyen por una nueva parvada (Shimada, 2003).

2.2.1. Fisiología digestiva y metabolismo de las proteínas

El tracto digestivo de las aves, consiste principalmente el buche, que es un órgano de almacenamiento y la molleja, que es un órgano de trituración; en términos nutricionales, tienen un aparato digestivo simple con ciego no funcional. Para compensar el tracto digestivo relativamente corto y el rápido tránsito de la digestión, es preciso

suministrar a las aves de alto rendimiento dietas de fácil digestión y ricas en nutrientes, siendo el balance de nutrientes fundamental. (FAO, 2012). Seguidamente, el colon cuya función principal consiste en el transporte de los productos de la digestión hasta su terminación en la cloaca. La cloaca, desde donde se excretan juntas las heces y la orina, combina las funciones del recto y la vejiga. La absorción de los nutrientes tiene lugar fundamental en el intestino delgado. Los carbohidratos se absorben como monosacáridos por transporte activo, proceso que intervienen proteínas transportadoras. Los aminoácidos y los ácidos grasos también se absorben por transporte activo (McDonald y otros, 2002).

Así mismo, las proteínas ingeridas llegan al estómago glandular donde se ponen en contacto con el jugo gástrico, este contiene ácido clorhídrico (HCl) y pepsinógeno. En el paso por la molleja de quimo ácido, tampoco se produce una gran degradación de las proteínas y todo lleva a considerar que la hidrólisis se realiza fundamentalmente en el intestino delgado, para luego ser absorbidos. Llamamos absorción intestinal, a todos los fenómenos que participan en el traslado de esas sustancias digeridas, desde el canal intestinal hasta todo el organismo. En su camino, las sustancias absorbidas, deben atravesar la túnica epitelial del intestino, antes de ser transportadas por la sangre o la linfa a los puntos donde serán consumidas, transformadas o almacenadas (Almirón, 2008).

Por lo tanto, una vez que los aminoácidos entran al torrente sanguíneo son transferidos a los diversos tejidos del cuerpo. Aquí, las células los utilizan en muchas formas como para la reparación de las estructuras del tejido, tejidos nuevos, producción de huevo, etc., y para la reestructuración de diversas estructuras de proteínas complejas. Los excesos de proteína pueden usarse como energía a través de un proceso llamado desaminación, el cual separa el nitrógeno de la molécula.

Después el nitrógeno es excretado por los riñones, generalmente en forma de ácido úrico (North, 1984).

2.3. Proteína bruta (PB)

Las proteínas cuyo contenido contempla mayores cantidades de aminoácidos esenciales son aquellas que presentan mejores resultados de desempeño de las aves. Así mismo la función de las proteínas alimentarias es proporcionar los aminoácidos necesarios para el mantenimiento, el desarrollo muscular y la síntesis de la proteína del huevo (FAO, 2012).

Por otro lado, es necesario que estas fuentes sean también de alta digestibilidad, por tanto para que una fuente proteica se de alto valor biológico, debe ser también de alta digestibilidad. A pesar de la importancia del nivel proteico en las dietas de las aves, su definición se refiere a la adición de aminoácidos industriales para proporcionar los aminoácidos limitantes. Por lo tanto no existen recomendaciones fijas de los niveles proteicos para estas raciones siendo más importante el atendimento de las necesidades de los aminoácidos. La necesidades de PB para mantenimiento son menores a las de crecimiento, no en tanto para ponedoras las necesidades de formación de huevo son mayores comparadas con las de mantenimiento (Bertechini, 2012).

El exceso de proteína produce: costo adicional de la formulación, efecto negativo en la productividad especialmente en gallinas bajo condiciones de calor y humedad, incremento calórico, elevados niveles de aminoácidos en la sangre, excreción excesiva de nitrógeno (ácido úrico), gasto de energía, mayor consumo de agua (heces acuosas), contaminación ambiental. Las aves no tienen un requerimiento de proteína bruta como tal, sólo necesitan una cantidad que asegure la suficiente

reserva de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales (Douglas, 2012).

De tal modo, un equilibrio ideal de aminoácidos alimentarios para las aves y los cambios en las necesidades de aminoácidos suelen expresarse en relación con una proteína equilibrada o proteína ideal (Lesur, 2003).

2.4. Proteína ideal

La formulación de raciones con base en el concepto de proteína ideal optimiza la eficiencia de la utilización de los aminoácidos (proteína) que disminuye la excreción de nitrógeno (N). Conforme es reducida la proteína dietética, algunos aminoácidos esenciales pasan a ser deficientes, siendo necesaria la suplementación de aminoácidos industriales hasta alcanzar el requerimiento para óptimo desempeño de las aves. Actualmente es recomendable formular dietas con la proporción ideal de aminoácidos a modo de que no existan ni exceso ni deficiencia de aminoácidos (Salguero y otros, 2014).

Así mismo, la proteína ideal puede ser definida como el balance exacto de los aminoácidos, sin deficiencias ni sobras, para satisfacer las demandas de mantenimiento y satisfacer los requerimientos absolutos de aminoácidos para la producción de huevo, esto reduce el uso de aminoácidos como fuente de energía y la excreción de nitrógeno. Los pasos a seguir para formular dietas por el concepto de proteína ideal son: a) No usar requerimientos de proteína; b) Usar requerimientos de todos los aminoácidos esenciales; c) La dieta será ajustada para los aminoácidos más limitantes (ej. Lis, Met+Cis, Tre, Val, Gli+Ser); d) Habrá reducción del exceso de aminoácidos esenciales y no esenciales (Proteína); e) La ración

tendrá menor incremento calórico y excreción de N (Campos y otros, 2008).

Por otro lado, el perfil ideal de aminoácidos para gallinas ponedoras no está tan desarrollado como en pollos parrilleros y cerdos; sin embargo, el uso del perfil de proteína ideal (PI) para determinar el contenido de aminoácidos dietario tiene ventajas sobre los requerimientos de aminoácidos determinados empíricamente (Bregendahl y Roberts, 2009, citado por Salvador y Guevara, 2013).

Por lo tanto, la formulación adecuada de la proteína ideal debe hacerse utilizando valores de aminoácidos digestibles, con el propósito de satisfacer las exigencias de lisina y de un perfil de proteína ideal adecuado para cada fase de crianza y objetivo de producción (Hisex Brown, 2009).

2.5. Aminoácidos Digestibles

La escala de retención y absorción de aminoácidos depende de dos factores. El primero es la digestibilidad (absorción e hidrólisis de proteínas) y el segundo es el nivel de retención de aminoácidos. Una parte de los aminoácidos no se digiere y pueden variar dentro de los diferentes alimentos. Por lo tanto, para ajustar las dietas avícolas con aminoácidos digeribles es mucho mejor y más sencillo conocer los requerimientos reales de las aves para su posterior mantenimiento y producción (Leeson y Summers, 2000, citado por Nasr, 2015).

De éste modo, el consumo excesivo o deficitario de aminoácidos, provocará una alteración en el desempeño de las aves y consecuentemente esto influirá en el tamaño y el peso del huevo. Sin embargo, estudios realizados por Novak y otros (2004), citado por Gallardo

y Salvador (2016), demostraron que incrementos en los niveles de metionina + cistina no afectaron la calidad ni el peso de los huevos.

Así mismo, la disponibilidad de un aminoácido es la proporción del contenido en la dieta que es digerido, absorbido como tal en el intestino delgado y, por último, utilizado para la síntesis de proteína. En general, se acepta que la digestibilidad ileal verdadera de un aminoácido estima la disponibilidad de éste. Es decir, que la eficacia de utilización metabólica de un aminoácido después de ser absorbido es igual al 100 %. Esto parece ser cierto en harinas de alta calidad (Blas y otros, 2001).

Por otro lado, los aminoácidos esenciales para las aves son la lisina, la metionina, la treonina, el triptófano, la isoleucina, la leucina, la histidina, la valina, la fenilalanina y la arginina. Además, algunos consideran esencial también la glicina para las aves jóvenes. La cisteína y la tirosina se consideran aminoácidos semiesenciales, ya que pueden ser sintetizados a partir de la metionina y la fenilalanina, respectivamente. De los aminoácidos esenciales, la lisina, la metionina y la treonina son los más limitantes en la mayoría de las dietas de aves (FAO, 2012).

2.5.1. Lisina

Es un aminoácido fisiológicamente esencial para mantenimiento, crecimiento y producción de las aves, teniendo como principal función la síntesis de proteína muscular (Cevallos y otros, 1990).

Por lo tanto, un nivel elevado de deposición de carne magra requiere un nivel relativamente alto de lisina (FAO, 2012). Así mismo, la lisina es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos y el segundo aminoácido limitante en dietas para aves; también es

usada casi exclusivamente para deposición de proteína (Campos y otros, 2008).

Por otro lado, es la base inicial para la formulación de alimentos con balance adecuado de aminoácidos, ya que la lisina es utilizada como referencia para el perfil de proteína ideal, estableciéndose las cantidades de todos los otros aminoácidos como una proporción de su exigencia (Sá y otros, 2012).

Debido a los mayores precios de los granos, la L-lisina no suele ser empleada como un ingrediente más, sino que se utiliza como una manera de mejorar el desempeño. Por esa razón debe tenerse cuidado al interpretar el costo-beneficio del uso de lisina en resultados experimentales (Roldán y otros, 2006).

2.5.2. Metionina

Es un aminoácido esencial que puede fácilmente convertirse en un factor limitante en el rendimiento debido a su bajo contenido en las materias primas del alimento. Así mismo, la metionina no solamente es necesaria para varias funciones metabólicas, sino que también es fundamental para la síntesis de proteínas (Lemme y otros, 2017).

Por lo tanto, un nivel elevado de producción de huevos o de crecimiento de las plumas requiere un nivel relativamente alto de metionina (FAO, 2012). A su vez, tiene un efecto específico en peso de huevo, más allá del efecto del resto de los aminoácidos (Douglas, 2012). Por otro lado, los niveles de metionina pueden también modificarse con el fin de controlar el tamaño del huevo hacia el final del ciclo. Los estudios, muestran una disminución en el peso del huevo al disminuir los niveles de metionina (Salvador y Guevara, 2013).

Así mismo, en las gallinas ponedoras, es el primer aminoácido limitante, seguido de la lisina en dietas maíz-soya, teniendo gran influencia sobre el tamaño del huevo y la producción (Schutte y De Jong, 1998, citado por Salvador y Guevara, 2013).

2.5.3. Metionina + Cistina

En las aves, cantidades relativamente altas de Met + Cis son necesarias para el crecimiento de plumas y mantenimiento. Por otro lado, la metionina + cistina es el primer aminoácido limitante en dietas para aves (Campos y otros, 2008).

Así mismo, la división de la metionina y la cistina de la dieta en el organismo se basan en determinadas prioridades. Las funciones metabólicas vitales (mantenimiento) y la producción de huevos (número de huevos) son obviamente prioritarios y se mantienen durante el mayor tiempo posible, mientras que los requerimientos para el crecimiento de las plumas y la ganancia de peso son menos prioritarios. En caso de una ligera deficiencia de Met+Cis, la primera reacción de las aves será la disminución del crecimiento corporal y de las plumas, así como el tamaño y el peso de los huevos (Lemme y otros, 2017).

Por lo tanto, en el período de crecimiento las aves utilizan grandes cantidades de aminoácidos azufrados (metionina + cistina) principales limitantes en los alimentos que generalmente son suplementadas con el aminoácido sintético (Sá y otros, 2012).

2.5.4. Treonina

Es un aminoácido esencial para aves encontrándose en altas concentraciones en el corazón, músculos, tracto gastrointestinal y sistema

nervioso central. Es necesaria para la formación de proteína y el mantenimiento proteico corporal, además de ayudar a la formación de colágeno y elastina. En los granos existe un bajo contenido de treonina, por lo tanto, en dietas formuladas a base de granos es recomendable administrar treonina industrial (Sá y otros, 2012).

Así mismo, es considerada el tercer aminoácido limitante, después de metionina y lisina. También, puede ser utilizada para sintetizar glicina, otro aminoácido esencial para las aves y es extremadamente importante para el requerimiento de mantenimiento (Campos y otros, 2008).

Por otro lado, en gallinas ponedoras, un trabajo reciente de Ishibashi y otros (1998), citado por Blas y otros (2001), ha encontrado que niveles de treonina en la dieta superiores al 0,40% suponen una disminución de la masa de huevo y de la eficacia alimenticia. Así mismo, se vuelve más importante con el avance de la edad de las aves, pues la exigencia de treonina para mantenimiento es elevada (Dos Santos y otros, 2013).

2.5.5. Valina

Es el cuarto aminoácido limitante en dietas de pollos a base de trigo y soya, pero no hay que descuidar los niveles de Isoleucina y Leucina, ya que tanto un déficit como un exceso de estos aminoácidos nos pueden originar no solo problemas en crecimiento, sino también reducción en la deposición de proteína (Ferrero, 2016).

Así como describe D'Mello (1994), citado por Sá y otros, 2012, que la deficiencia moderada de valina, isoleucina y leucina, reduce la tasa de crecimiento, empeora la conversión y la reducción de los niveles de proteínas esenciales en la sangre.

Como con la lisina, la principal función de la valina es la formación y deposición de la proteína corporal, que se encuentra en mayor concentración en la musculatura esquelética. Por otro lado, La correcta inclusión de valina e isoleucina en el perfil de proteína ideal es una pieza fundamental para el éxito de la reducción de PB de los alimentos (Sá y otros, 2012). Así mismo, en el Manual Hisex Brown (2009), constata que la isoleucina y la valina se están convirtiendo en los factores limitantes de los piensos para ponedoras cuando se excluyen como ingredientes en la formulación las harinas de carne o cuando se usan en formulaciones bajas basadas en trigo.

2.5.6. Triptófano

Es un aminoácido esencial junto con la lisina, metionina y treonina, y es posiblemente limitante en algunas circunstancias prácticas en dietas para lechones y cerdos en crecimiento-cebo. Además es necesario para la síntesis y retención de proteína corporal, pero además es un precursor de algunos metabolitos importantes que pueden afectar a la regulación del consumo de alimentos y al comportamiento. Así mismo, juega un papel como precursor de la serotonina (un neurotransmisor) y de la hormona melatonina. De esta forma, puede tener efecto sobre el consumo de alimento, el tiempo que los animales están despiertos o dormidos, el comportamiento y la percepción del dolor (Jansman, 2001).

Por lo tanto, en el caso específico del rol de los aminoácidos en el picaje de las plumas, ha sido demostrado que incrementar los niveles de triptófano en la dieta puede reducir la incidencia del picaje en gallinas ponedoras. Ya que es un promotor de la síntesis de serotonina y se ha demostrado que aves que tienen alto niveles de picaje poseen menor nivel

de serotonina que aquellas que tienen menor tendencia a picar (Van Hierden y otros, 2003, citado por Solís, 2016).

Así mismo, Deponti y otros (2004), menciona que el triptófano (Trp) tiene varios roles en el metabolismo de las aves: precursor de la niacina y serotonina, además de ser un componente de las proteínas. Por otro lado, Rogers y Pesti (1992), y Akiba y otros (1988), citado por Deponti y otros (2004), demostraron que la inclusión de L-Trp en las dietas reduce la cantidad de grasa en el hígado de ponedoras. Diversos estudios han demostrado un aumento lineal en la producción y masa de huevos conforme se aumenta el nivel de Trp en las dietas.

Por otro lado, en la producción avícola, según Damme (2014), citado por Lemme y de la Cruz (2017), el costo del alimento representa aproximadamente del 40 al 55% del costo total de la producción, dependiendo del sistema de producción y del cálculo. Satisfacer los requerimientos de aminoácidos es de suma importancia, sobre todo si se considera que un huevo de 65 g tiene aproximadamente 7,5 g de proteínas, de las que 0,53 g corresponden a la lisina, 0,26 g a la metionina y 0,45 g a la metionina y a la cisteína (Met+Cys). Por lo tanto, en la mayoría de circunstancias, el uso de aminoácidos sintéticos depende del costo de los mismos, de manera que su precio tiende a asimilarse al de la torta de soya, la cual es la mayor fuente de proteína (aminoácidos) utilizada en el mundo. La metionina y la lisina sintéticas son actualmente utilizadas de manera rutinaria en dietas para aves y cuando el precio del triptófano y la treonina disminuya es probable que también estos aminoácidos se empiecen a usar con mayor frecuencia (Roldán y otros, 2006).

Así mismo, Bertichini (2012), menciona que actualmente existe en el mercado para uso en las formulaciones la DL-metionina (98-

99%) y sus análogos (metionina hidroxianáloga líquida o en polvo 83%), la L-lisina-HCL 18%(99%). La L-treonina (98%), el L-triptófano (98%) y finalmente se tiene la L-valina (99%). El uso de esos aminoácidos permite que se reduzca significativamente el nivel de proteína de las dietas.

Los aminoácidos limitantes se pueden definir como aquellos aminoácidos que están presentes en el alimento, en una concentración inferior a la exigida por los animales para desarrollar su potencial productivo. El grado de limitación de los aminoácidos esenciales depende básicamente de la composición de ingredientes del alimento y de las exigencias nutricionales aplicadas a la formulación (Sá y otros, 2012). Por lo tanto, el equilibrio de los aminoácidos limitantes en las dietas de aves se puede lograr combinando ingredientes que complementan las deficiencias, usando aminoácidos industriales y un nivel proteico adecuado de la dieta. La utilización de aminoácidos industriales es la forma más eficiente para complementar los aminoácidos limitantes de las dietas avícolas (Bertechini, 2012).

2.6. Nitrógeno en heces

El exceso de nitrógeno es excretado como ácido úrico (Flores, 1994).

Por otro lado, el otro aspecto importante está relacionado con los temas ambientales que involucran la excreción de Nitrógeno contenido en los desechos animales. Investigaciones científicas indican al Nitrógeno como un potente contaminante de los suelos y manantiales hídricos en la superficie terrestre y en el subsuelo. Como la escasez de agua se ha convertido en uno de los mayores problemas mundiales, se les exige a los productores de aves y cerdos que usen alimentos con niveles reducidos de PB, que como se ha comprobado, promueven menor excreción de

Nitrógeno por parte de los animales (Sá y otros, 2012). De acuerdo con Relandeau y otros, (2000), citado por Sá y otros, (2012), la reducción del 10% de PB de la dieta resulta en un 20% menos de excreción de Nitrógeno en las heces de los animales, el 10% menos en emisión de amoníaco al aire, reducción del consumo de agua del 2 al 3% y reducción del 3 al 5% en el volumen de los desechos.

En este sentido, la implementación de mejores técnicas disponibles para la gestión ambiental en el sector avícola exige la evaluación de los procesos productivos y la identificación de oportunidades para minimizar los residuos, utilizar racionalmente la energía, disminuir los costos de operación, mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad. El proceso de reducción de la contaminación se realiza con acciones preventivas, de tratamiento y de disposición final. Un avance importante es lograr implementar mejores técnicas disponibles para sustituir prácticas obsoletas, incorporar nuevos métodos y procesos de gestión más eficaces en el cuidado del ambiente (Leonardi, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de experimentación

La presente investigación se realizó en el campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), Región La Libertad, Perú; geográficamente ubicada a 8°05' de latitud sur, 78°57' de longitud oeste y altitud de 89 msnm, temperatura anual media de 20 °C. Los análisis de muestras se realizaron en el Laboratorio de Fisiología de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de UPAO.

3.2. Instalaciones

Se utilizó una batería de 16 jaulas para gallinas en etapa de producción de huevo, distribuidos en dos niveles, con piso de malla con inclinación que facilitó el recojo de huevos. Cada jaula fue de 60 cm x 37 cm y se alojó seis gallinas en cada una. Las jaulas cuentan con comedero externo tipo canal y bebedero tipo niple dispuestos en el techo de las jaulas.

3.3. Animales

Se usaron 96 gallinas de la línea Hisex Brown de 30 semanas hasta las 36 semanas de edad, las mismas que se distribuyeron seis aves por jaula. Los animales se distribuyeron entre los cuatro tratamientos y todas recibieron las mismas condiciones de manejo.

3.4. Manejo de las aves

El módulo donde se alojaron las aves, contaba con una pared de 1 metro desde el piso y el resto con malla metálica, que permitía el ingreso

de luz natural, por lo que se contaba con un fotoperiodo de 12 h. De manera rutinaria se suministraba el alimento de acuerdo a su consumo y tratamiento correspondiente para cada jaula (una vez al día). Diariamente se recogieron los huevos al medio día y se resumieron semanalmente los datos de consumo de alimento, producción de huevos, peso promedio del huevo, masa de huevo y conversión alimenticia. Adicionalmente, inspección de los bebederos, manejo sanitario (aves heridas o enfermas), limpieza, desinfección y manejo de aves muertas.

3.5. Alimentación

Las gallinas fueron alimentadas con dietas a base de maíz nacional, torta de soya, soya integral, afrecho de trigo y aminoácidos, formuladas a 13, 14, 15 y 16% de proteína bruta como tratamientos, con niveles similares de los aminoácidos digestibles y conservando la misma relación de aminoácidos con respecto a la lisina (lisina 0.80% (100), metionina + cistina 0.78% (98), treonina 0.61% (76), triptófano 0.19% (24) y valina% 0.74 (93)) en forma digestible y 2850.0 EM/kg.

Las aves recibieron las dietas de acuerdo a los tratamientos durante siete semanas. Las dietas (Cuadro 1) fueron formuladas para atender a los requerimientos nutricionales establecidos por Rostagno (2017), con variación en la necesidad de proteína bruta.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas experimentales.

Ingredientes ¹	Niveles de Proteína bruta, %			
	13	14	15	16
Maíz nacional	68,35	65,36	62,32	54,38
Aceite de soya	2,06	2,50	2,96	
Torta de soya 45	15,97	18,74	21,52	3,43
Soya integral				25,35
Afrecho de trigo				3,96
Sal común	0,24	0,24	0,24	0,30
Carbonato de calcio fino	3,50	3,50	3,50	3,50
Carbonato de calcio grueso	6,47	6,48	6,49	6,48
Fosfato fosbic	1,58	1,55	1,52	1,46
Bicarbonato de sodio	0,30	0,30	0,30	0,23
Lisina-HCL	0,32	0,24	0,15	0,08
Metionina	0,39	0,37	0,35	0,33
Treonina	0,19	0,16	0,12	0,09
Valina	0,19	0,15	0,10	0,07
Triptófano	0,06	0,04	0,03	
Premezcla de minerales y vitaminas	0,10	0,10	0,10	0,10
Secuestrante de aflatoxinas (Topsin)	0,08	0,08	0,08	0,05
Antifúngico (Phorce)	0,05	0,05	0,05	0,05
Ácido orgánico (Phorce)	0,05	0,05	0,05	0,05
Cloruro de Colina	0,10	0,10	0,12	0,10
Valor Nutricional				
PB, %	13,01	14,01	15,01	16,01
EM, kcal/kg	2850,00	2850,00	2850,00	2850,00
Lisina digestible, %	0,80	0,80	0,80	0,80
Metionina digestible, %	0,58	0,57	0,56	0,55
Metionina + Cistina dig., %	0,78	0,78	0,78	0,78
Treonina digestible, %	0,61	0,61	0,61	0,61
Triptófano digestible, %	0,19	0,19	0,19	0,19
Arginina digestible, %	0,75	0,83	0,91	0,98
Glicina + Serina digestible, %	1,07	1,16	1,25	1,29
Valina digestible, %	0,74	0,74	0,74	0,74
Isoleucina digestible, %	0,49	0,54	0,58	0,61
Leucina digestible, %	1,16	1,22	1,28	1,30
Histidina digestible, %	0,34	0,36	0,38	0,40
Fenilalanina digestible, %	0,60	0,65	0,70	0,72
Fenilalanina + Tirosina dig, %	1,03	1,11	1,19	1,21
Calcio, %	4,23	4,23	4,23	4,23
Fósforo digestible, %	0,31	0,31	0,31	0,31
Potasio, %	0,49	0,53	0,57	0,68
Sodio, %	0,19	0,19	0,19	0,19
Cloro, %	0,26	0,25	0,24	0,25

¹ Composición de los ingredientes basado en Rostagno (2017)

3.6. Variables independientes

Nivel de proteína bruta (PB) en la dieta.

3.7. Tratamientos

Consistió en el suministro de dietas con proteína bruta (PB) en diferentes concentraciones y con los mismos niveles de aminoácidos esenciales digestibles (lisina, metionina + cistina, treonina, triptófano y valina).

- PB13: dieta con 13% de PB.
- PB14: dieta con 14% de PB.
- PB15: dieta con 15% de PB.
- PB16: dieta con 16% de PB.

3.8. Variables dependientes

a. Productivas

- Consumo de alimento, g.
- Producción de huevos, %.
- Peso del huevo, g.
- Masa de huevo, g.
- Conversión alimenticia, kg de alimento/kg de huevo.

b. Beneficio económico

c. Concentración de N en excreta, %.

La masa de huevo (g/d): Se estimó a partir de la *producción (%) x peso de huevo (g) / 100*.

El beneficio económico: $BN = PY - CV - CF$; donde: BN = Beneficio neto, P = Precio del kg de huevo, Y = Huevos producidos/ave, CV = Costo variable, CF = Costo fijo.

La concentración de N en excreta (%): Se determinó mediante el método de Micro Kjeldahl.

3.9. Análisis estadístico

Las aves fueron distribuidas a través de un diseño completo al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamientos, resultando en 16 unidades experimentales, con 6 gallinas por cada unidad. Se utilizó el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = j-ésimo observación en el i-ésimo tratamiento.

U = Promedio General.

T_i = Efecto del nivel de proteína en la dieta ($i = 1, 2, 3, 4$).

E_{ij} = Error experimental

Los resultados de cada variable fueron analizados a través del análisis de variancia de la regresión.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del comportamiento productivo durante el periodo total evaluado (30 a 36 semanas de edad).

Los resultados promedio obtenidos en 7 semanas de experimentación para producción, peso y masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia, se muestran en el Cuadro 2, en donde se observa que los niveles de proteína en las dietas de los diferentes tratamientos no influyeron significativamente ($P>0.05$).

Cuadro 2. Promedio de variables productivos de aves de postura de las 30 a 36 semanas en función del nivel de proteína en la dieta.

Variables	Nivel de PB en la dieta (%)				Sig ¹	SEM ²
	13	14	15	16		
Producción de huevos (%)	93.37	94.21	93.60	93.10	NS	3.02
Peso de huevo (g)	59.20	61.00	61.21	59.57	NS	1.89
Masa de huevo (g)	55.29	57.47	57.25	55.48	NS	2.66
Consumo de alimento (g/ave/día)	105.21	110.79	104.15	107.26	NS	6.10
Conversión alimenticia (g/g)	1.78	1.82	1.70	1.80	NS	0.09

¹ Sig= nivel de significancia, NS= no significativo ($P>0.05$).

² SEM= Error estándar del promedio.

4.2. Evaluación del comportamiento productivo en cada semana durante el periodo evaluado.

Las variables productivas en cada semana fueron analizadas a través del análisis de variancia de la regresión; se muestran los resultados sólo en las semanas que se encontraron variaciones significativas entre los niveles de tratamientos (Cuadro 3). Las variables productivas (producción, peso, y masa de huevo y conversión alimenticia) tuvieron un

comportamiento cuadrático, con diferencia significativa ($P < 0.05$), entre 30 a 32 semanas de edad de las aves.

Cuadro 3. Promedios semanales de mayor diferencia significativa de las variables productivos.

Variables	Edad Sema.	Nivel de PB en la dieta (%)				Sig ¹	SEM ²
		13	14	15	16		
Producción de huevos (%)	32	94.45	97.62	97.62	94.05	Q*	2.89
Peso del huevo (g)	31	58.96	60.94	60.45	58.50	Q*	1.70
Masa de huevo (g)	32	55.87	59.52	59.45	56.09	Q*	2.74
Conversión alimenticia (g/g)	30	1.93	1.95	1.77	1.93	Q*	0.06

¹ Sig= nivel de significancia, *= ($P < 0.05$).

² SEM= Error estándar del promedio.

El comportamiento de la producción de huevos a las 32 semanas se muestra en la figura 1, donde se observa que la producción tuvo un comportamiento cuadrático significativo ($P < 0.05$), obteniendo la mayor producción con 14.5% de PB en la dieta y debiéndose esta respuesta en 99.9% al nivel proteico, según el modelo adoptado.

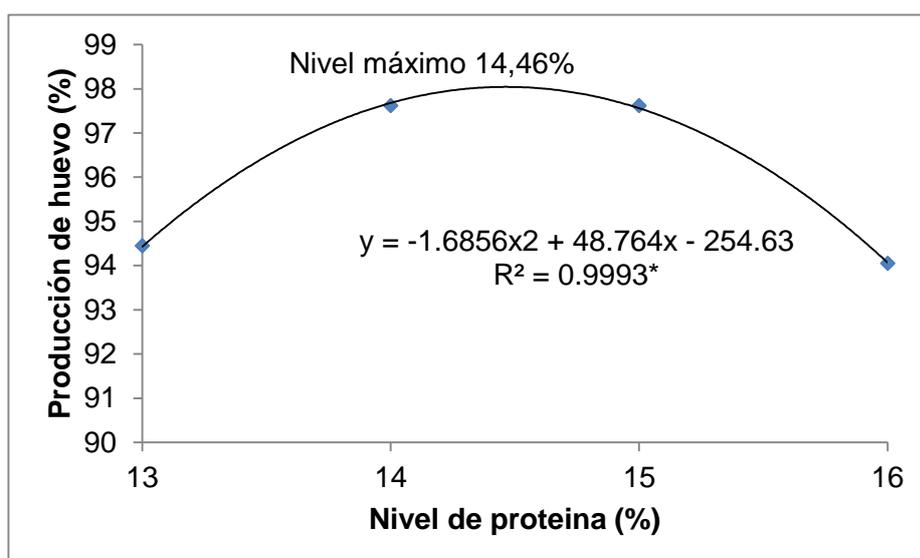


Figura 1. Respuesta de mayor significancia en la semana 32 de producción de huevo con diferentes niveles de proteína, (*= $P < 0.05$).

El comportamiento de peso del huevo a las 31 semanas se muestra en la figura 2, donde se observa que la producción tuvo un comportamiento cuadrático significativo ($P < 0.05$), obteniendo la mayor producción con 14.4% de PB en la dieta y debiéndose esta respuesta en 98.7% al nivel proteico, según el modelo adoptado.

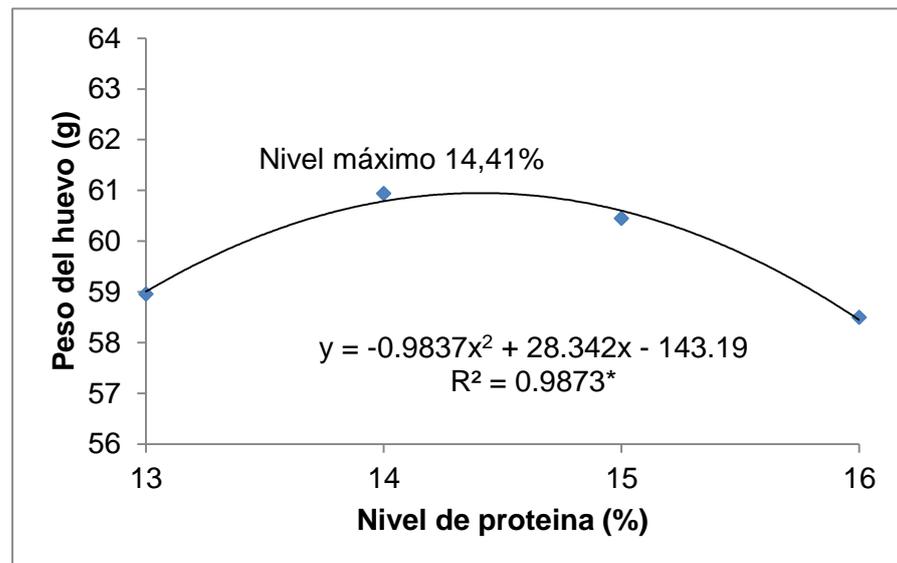


Figura 2. Respuesta de mayor significancia en la semana 31 del peso del huevo con diferentes niveles de proteína, (*= $P < 0.05$).

El comportamiento de masa de huevo a las 32 semanas se muestra en la figura 3, donde se observa que la producción tuvo un comportamiento cuadrático significativo ($P < 0.05$), obteniendo la mayor producción con 14.5% de PB en la dieta y debiéndose esta respuesta en 99.9% al nivel proteico, según el modelo adoptado.

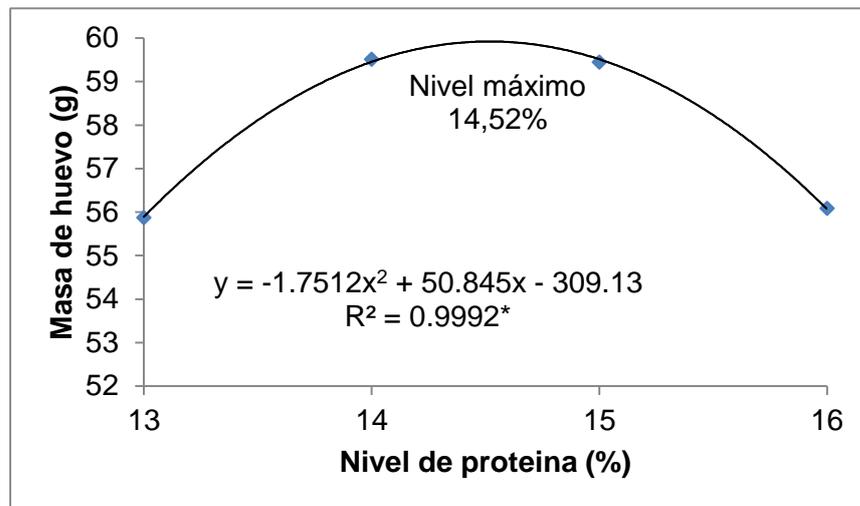


Figura 3. Respuesta de mayor significancia en la semana 32 de la masa de huevo ave/día en gallinas con diferentes niveles de proteína, (*= P<0.05).

El comportamiento de conversión alimenticia a las 30 semanas se muestra en la figura 4, donde se observa que la producción tuvo un comportamiento cuadrático significativo (P<0.05), obteniendo la mayor producción con 14.7% de PB en la dieta y debiéndose esta respuesta en 32.3% al nivel proteico, según el modelo adoptado.

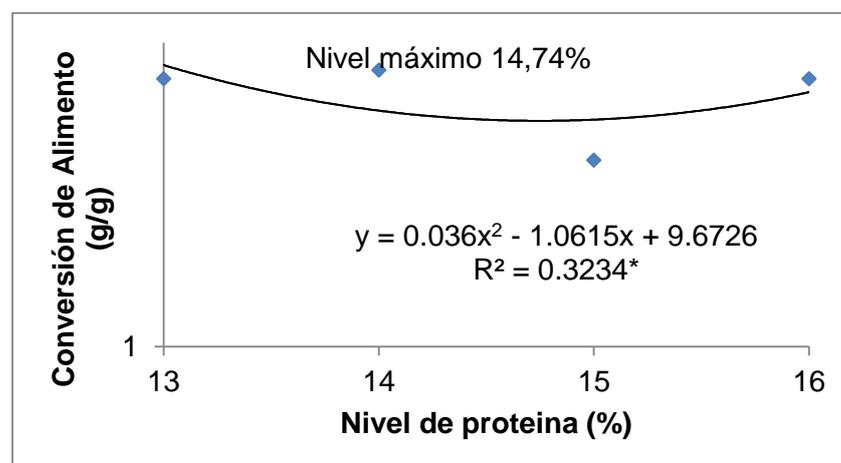


Figura 4. Respuesta de mayor significancia en la semana 30 a la conversión alimenticia en gallinas con diferentes niveles de proteína, (*= P<0.05).

4.3. Evaluación del consumo de aminoácidos y de proteína, por tratamiento.

Al calcular el consumo de los aminoácidos (cuadro 4) por tratamiento, se encontró que la dieta con 14% de proteína bruta tenía el mayor consumo de los aminoácidos que mantienen el mismo nivel entre los tratamientos, a diferencia del tratamiento con 15% que el consumo de éstos mismos aminoácidos fueron los más bajos.

Cuadro 4. Consumo diario de aminoácidos y de proteína bruta en gallinas.

Consumo	Nivel de PB en la dieta (%)			
	13	14	15	16
Lisina, mg	841.7	886.3	833.2	858.1
Metionina, mg	610.2	631.5	583.2	589.9
Metionina + Cistina, mg	820.6	864.2	812.4	836.6
Treonina, mg	641.8	675.8	635.3	654.3
Triptófano, mg	199.9	210.5	197.9	203.8
Arginina, mg	789.1	919.6	947.8	1051.2
Glicina + Serina, mg	1125.8	1285.2	1301.9	1383.7
Valina, mg	778.6	819.9	770.7	793.7
Isoleucina, mg	515.5	598.3	604.1	654.3
Leucina, mg	1220.4	1351.6	1333.1	1394.4
Histidina, mg	357.7	398.8	395.8	429.0
Fenilalanina, mg	631.3	720.1	729.1	772.3
Fenilalanina + Tirosina	1083.7	1229.8	1239.4	1297.9
Proteína, g	13.7	15.5	15.6	17.2

4.4. Evaluación de la relación de aminoácidos con el concepto de proteína ideal (Aminoácido: Lisina).

En la relación de aminoácidos (cuadro 5) metionina + cistina, treonina y triptófano, en todos los tratamientos con respecto a la lisina

(considerándola como 100%), se obtuvo valores similares. La mejor relación de aminoácidos con respecto a la lisina se encuentra entre los tratamientos de 14 y 15% de PB, a diferencia de la dieta con 13% PB que obtuvo valores bajos y éstas se incrementaron conforme se aumentó el nivel de proteína.

Cuadro 5. Relación de aminoácidos (%) para la gallina ponedoras con el concepto de proteína ideal.

Aminoácidos	Nivel de PB en la dieta (%)			
	13	14	15	16
Lisina	100	100	100	100
Metionina	73	71	70	69
Metionina + Cistina	98	98	98	98
Treonina	76	76	76	76
Triptófano	24	24	24	24
Arginina	94	104	114	123
Glicina + Serina	134	145	156	161
Valina	93	93	93	93
Isoleucina	61	68	73	76
Leucina	145	153	160	163
Histidina	43	45	48	50
Fenilalanina	75	81	88	90
Fenilalanina + Tirosina	129	139	149	151

4.5. Análisis económico evaluado durante el periodo de 30 a 36 semanas de edad.

El análisis económico relacionado a costos de producción y beneficio neto evaluados para cada tratamiento se muestra en el cuadro 6, en donde se aprecia que el tratamiento con 14% y 15% PB presentaron menores costos de producción, los mismos que influyeron para obtener un

mejor beneficio neto, llegando a obtenerse hasta 14.96 y 22.21% de beneficio mayor al tratamiento con 16% PB.

Cuadro 6. Costos de producción, ingresos y beneficios netos obtenidos en cada tratamiento por ave durante el periodo evaluado.

Variables	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
Alimento consumido por ave (kg)	5.050	5.318	4.999	5.148
Costo del alimento (S/. kg)	1.269	1.265	1.261	1.273
Costo total del alimento (S/.)	6.408	6.727	6.304	6.554
Otros gastos (S/.)	1.602	1.682	1.576	1.638
Costo total (S/.)	8.011	8.409	7.880	8.192
Ingresos /Venta de huevos (S/.)	11.933	12.431	12.156	11.691
Beneficio Neto (S/.)	3.922	4.022	4.276	3.499
Variación respecto al testigo, %	112.107	114.957	122.207	100.000

4.6. Evaluación de la concentración de N en excreta de la crianza de gallinas ponedoras de la línea Hisex Brown.

Los resultados promedio obtenidos en 7 semanas de experimentación para concentración de nitrógeno en excreta, se muestran en el cuadro 6, en donde se observa que los niveles de proteína en las dietas de los tratamientos no influyeron significativamente ($P>0.05$).

Cuadro 7. Promedio de la variable de concentración de nitrógeno (%) en excreta.

Variables	Nivel de PB en la dieta (%)				Sig ¹	SEM ²
	13	14	15	16		
Nitrógeno en heces (%)	3.67	3.76	3.93	4.29	NS	0.45

¹ Sig= nivel de significancia, NS= no significativo.

² SEM= Error estándar del promedio.

V. DISCUSIÓN

5.1. Evaluación del comportamiento productivo durante el periodo total evaluado (30 a 36 semanas de edad).

Según el análisis de la regresión, los valores promedios de las variables productivas encontrados en el experimento, no presentaron variación significativa ($P>0.05$), lo cual sugiere que los cuatro tratamientos (13, 14, 15 y 16% de PB) obtuvieron un desempeño similar; estos resultados son parecidos a los obtenidos por Douglas (2012), quien demostró que dietas de 15.5% o de 13 a 14% de proteína desde el inicio de producción adecuadamente suplementadas con aminoácidos: metionina, lisina, treonina, triptófano, valina, isoleucina y arginina, tuvieron un desempeño óptimo similar a dietas controles de 17 a 18% de proteína. Así también, resultados similares en otros trabajos de investigación, que reportan que dietas con 10.4% de proteína bruta (PB), mas lisina y metionina sintéticos mostraron una producción de huevo similar respecto a una dieta con 15.7% de PB, también se demostró que la producción de huevo no varió al alimentar aves con 12% de PB más aminoácidos comparando con dietas de 18% de PB (Johnson y Fisher, 1958 y Bray, 1964, citados por Fuente y otros, 2012).

A diferencia de otro trabajo de investigación realizado por Penz y Jensen (1991), citado por Solís (2016), que alimentaron gallinas de 22 a 66 semanas de edad con dietas con 15, 14, 13 y 12% PB más metionina, lisina, triptófano e isoleucina, mostrando una disminución en la masa de huevo y el peso del ave respecto a aves alimentadas con 18% PB en la dieta; se puede mantener la producción de huevo con dietas bajas en proteína con la adición de aminoácidos sintéticos, pero la masa de huevo se reduce en comparación con dietas altas en proteína. Así mismo, Summers y otros (1991), citado por Fuente y otros (2012), reportaron una

reducción en la masa de huevo en un 11%, en gallinas que consumieron una dieta con 10% PB más lisina, metionina, arginina y triptófano sintéticos, en relación con la dieta de 17% PB; contrariamente a lo que se encontró en este experimento, que las variables productivas de los diferentes tratamientos son similares, no hay una influencia significativa, según el análisis empleado.

5.2. Evaluación del comportamiento productivo en cada semana (30 a 36 semanas de edad).

La respuesta en la producción de huevo, peso del huevo, masa de huevo y conversión alimenticia, tuvieron un comportamiento cuadrático, con diferencia significativa ($P < 0.05$), entre 30 a 32 semanas de edad; luego los valores productivos se mantuvieron sin mostrar diferencia significativa. En todas ellas, por las tendencias mostradas en las ecuaciones se observa que los niveles de tratamiento que han dado mejor respuesta se estiman entre 14.4 a 14.7% de nivel de proteína bruta, lo que indica que éste fue el mejor nivel de tratamiento al inicio del experimento. Valores similares a lo encontrado por Fuente y otros (2012) quienes mencionan que el valor máximo de producción está alrededor de 15% de proteína bruta, resultado inferior al encontrado por Leeson y Summers (2001) y el manual Hy-Line W36 (2011), citado por Fuente y otros (2012); quienes mencionan un nivel de 17% y 16% de PB, respectivamente, en dietas tipo práctica con margen de seguridad. En este sentido según el análisis de varianza de regresión, nuestros resultados no es dato que represente un valor para una máxima producción, ya que no hubo una influencia significativa al final entre los niveles de tratamientos.

En este trabajo se muestra que es posible disminuir los niveles de proteína bruta siempre y cuando se cubran los requerimientos de los aminoácidos esenciales ya que los valores productivos obtenidos

estuvieron de acuerdo a lo señalado por el manual de la línea Hisex Brown (2009), quién indican que la producción entre las 30 a 36 semanas de edad es de 95%, 94% respectivamente y 60 a 63 g peso del huevo.

5.3. Evaluación del consumo de los aminoácidos por tratamiento.

Los valores de consumo de aminoácidos encontrados en este trabajo, para la lisina la dieta con nivel de 14% PB, obtuvo el mayor consumo (886.3 mg), superior a lo encontrado por Rostagno (2017) quien recomienda un consumo de lisina de 850.67 mg. Así mismo Flores (1994) en el NRC (1994), recomienda un consumo de 810 mg y Douglas (2012) un consumo de 800 mg, de tal manera que el exceso de consumo de lisina no influyó negativamente en los valores productivos.

Así mismo el consumo de aminoácidos azufrados en la dieta de 14% fue 864.4 mg, superior a lo recomendado por Rostagno (2017), quién recomienda el consumo de 833.61 mg, así mismo Flores (1994) en el NRC (1994) recomienda 645 mg igual que Douglas (2012) 645 mg. Este exceso influyó en el tamaño del huevo, esto es muy importante desde el punto de vista biológico cuando se cría grandes cantidades de aves. Lo que se puede afirmar a los resultados por Salvador y Guevara (2013), quienes reportan que durante el primer periodo (semana 25 a 32), un 0.38% de metionina causa un incremento del 5.6% en el tamaño del huevo, comparado con un 0.23% de metionina. Por lo tanto, la respuesta del peso del huevo a la metionina, está estrechamente relacionada con la producción diaria de masa de huevo por parte de la ponedora.

Del mismo modo para un consumo de arginina Rotagno (2017) recomienda 850.67 mg y Douglas (2012) recomienda entre 735 a 840 mg, teniendo nuestro resultado con valor más bajo de 789.1 en 13% PB dentro del rango recomendado por Douglas. Lo que indica que la arginina no

resultó ser limitante para una mayor producción en la dieta de 13%, a pesar que tuvo un aporte inferior en la dieta para este nivel de proteína. Así mismo para el consumo de isoleucina Rostagno (2017) recomienda 663.05 mg y Douglas (2012) recomienda de 545 a 625 mg, resultados superiores a lo consumido en la dieta de 13% PB que fue 515.5 mg, a pesar que hubo un déficit, esto no afectó a los valores productivos, ya que no hubo una significancia entre los valores de los diferentes niveles de tratamiento, según el análisis empleado.

Por otro lado, un trabajo reciente de Ishibashi y otros (1998); citado por Blas y Carabaño (2001), realizado en gallinas ponedoras, han encontrado que niveles de treonina en la dieta superiores al 0,40% suponen una disminución de la masa de huevo y de la eficacia alimenticia. Los valores obtenidos no mostraron este efecto, a pesar que se tuvo un aporte de 0.61% de treonina, similar a otro trabajo realizado en 1991, no observaron ningún efecto negativo por la adición de un 1% de L-treonina cristalina a una ración basada en maíz y soya (Blas y otros, 2001).

5.4. Evaluación de la relación de aminoácidos con el concepto de proteína ideal (Aminoácido: Lisina).

Los valores obtenidos en relación a la lisina, la dieta con 13% PB, mostró valores bajos en los aminoácidos con diferentes niveles entre los tratamientos, sin embargo biológicamente no actuaron como un factor limitante para una mayor producción, a pesar que la arginina y la isoleucina fueron deficientes en el aporte de la dieta, diferente a lo encontrado por Fuente y otros (2012) quién demostró que no hubo una adecuada relación de la arginina y valina con la lisina, en las dietas con 13 y 14% PB (para arginina: 92.8 y 103.6% y para valina 78.7 y 84.9%), que indican que es posible que fueran un factor limitante para una mayor producción. Así mismo Rostagno (2017) en el NRC (2017), sugiere una relación adecuada

de lisina: arginina de 100% y Lemme y de la Cruz (2017) señalan una relación de 104%. Por otro lado Ferrero (2016), demostró que un exceso de leucina agrava el déficit de valina e isoleucina, provocando un menor crecimiento en los animales, que es recuperado al corregir dicho déficit.

En una revisión hecha por Prymot y otros (2010); citado por Salguero y otros (2014), utilizaron los resultados de 21 publicaciones que evaluaron las relaciones valina (Val):lisina (Lis) digestible e isoleucina (Ile):lisina (Lis) digestible, les permitieron concluir que la mejor relación valina:lisina digestible para ganancia de peso y eficiencia alimentar en pollos de engorde fue de 80% y para isoleucina:lisina digestible fue de 67%, cercano a nuestros resultados en la relación de isoleucina:lisina digestible que fue de 68% en la dieta de 14% PB, quién biológicamente fue la mejor respuesta en los valores productivos.

Por otro lado, en un trabajo de investigación realizado por D'Mello y Lewis (1970), citado por Salvador y Guevar (2013), reportaron que existió disminución del consumo de alimento en pollos de engorda al ser alimentados con dietas deficientes en arginina, efecto que no fue observado en la dieta con 13% de PB (deficiente en arginina), por lo que probablemente el consumo de alimento no se afecte como en el pollo de engorda por el consumo limitado de arginina.

Existen varios factores que pueden influenciar la respuesta de los animales al nivel del aminoácido en la dieta y alterar la relación aminoácido:lisinina digestible, entre ellos se puede destacar el ambiente, clima y genética (Ferrero, 2016), aspectos que en nuestro trabajo no pueden ser considerados como influyentes porque fueron controlados.

5.5. Análisis económico del uso de diferentes niveles de proteína y aminoácidos sintéticos en la dieta de gallinas ponedoras.

Un mayor beneficio neto obtenido en la dieta con nivel de proteína de 15%, es atribuible debido a que hubo un menor consumo de alimento y esto lo lleva a tener uno de los menores costos de producción, motivado por un menor costo kilogramo de alimento, así también por tener uno de los mayores ingresos por la venta de huevos, biológicamente debido a una mejor producción; muy contrariamente de la dieta con 14% PB que presenta el mayor costo de producción, por un mayor consumo de alimento y tener un mayor costo kilogramo de alimento, esto no le hace atribuible al beneficio neto a pesar que obtuvo el mayor ingreso por la venta de huevo. De éste modo para una mayor producción, se justifican biológicamente y económicamente el uso de niveles de proteína bruta inferiores al testigo (16% PB).

Por otro lado, el requerimiento no es necesariamente el máximo biológico sino el óptimo económico, el cual es variable y dinámico por depender del precio de los ingredientes y del huevo (Salvador y Guevara, 2013). Así como también menciona Baker y Chung (1992), citado por Fuente y otros (2012), que el uso del concepto de proteína ideal, permite la fácil adaptación a diversas condiciones. Este concepto es una herramienta para la reducción en los costos de alimentación, a partir de la flexibilización del nivel proteico mínimo y la mejor utilización de ingredientes alternativos.

5.6. Evaluación de la concentración de N en excreta durante el periodo de experimentación.

Los valores encontrados del promedio de los diferentes tratamientos, según el análisis de la regresión no presentó una variación

significativa ($P>0.05$), manteniendo entre los tratamientos valores similares, sin embargo, biológicamente se encontró una reducción de nitrógeno del 14.25% en las aves que recibieron dieta con 13% en relación a aquellos que recibieron 16% de PB. Esta reducción es importante desde el punto biológico cuando se trata de grandes cantidades de aves criadas.

A medida que el consumo de proteína disminuye, la excreción de nitrógeno se hace menor, así como lo demuestran en un estudio citado por Roldán y otros (2006), quienes suministraron dietas con diferentes niveles de proteína bruta, manteniendo constantes los niveles de aminoácidos más importantes, así reduciendo el nivel de proteína bruta del 17 al 14%, la excreción de nitrógeno desciende de aproximadamente 2 g/ave/día a 1.5 g/ave/día. Lo que, en una operación con un millón de ponedoras, esto significa una reducción de nitrógeno en las heces de unas 200 toneladas por año.

VI. CONCLUSIONES

El comportamiento productivo se muestra similar en dietas con 13 o 16% de proteína bruta, conllevando a mejores beneficios económicos con los niveles menores de proteína.

En las semanas que comprendió el pico de producción, la utilización de un promedio de 14.5% de PB, generó respuestas favorables en la producción, peso, masa de huevo y conversión alimenticia.

La excreción de nitrógeno disminuye hasta en un 14.25% con la disminución de la proteína en dieta.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la reducción en los niveles de proteína adicionando aminoácidos industriales en dietas de gallinas, para satisfacer los requerimientos de aminoácidos.

Se recomienda que el costo del alimento y las condiciones del mercado deben acompañar siempre las decisiones sobre los niveles específicos de nutrientes a utilizar.

VIII. BIBLIOGRAFÍA:

Almirón, E. 2008. Bioquímica de la digestión de las aves. Archivo de Medicina Veterinaria, Corrientes, Argentina.1: 8-12.

Bertechini, A. 2012. Niveles de proteína y aminoácidos en avicultura. Informe. Ed. por Ufla, Lavras.

Blas, C. García, A. Carabaño, R. 2001. Necesidades de treonina en animales monogástricos. In: XVI Curso de Especialización. (2001, Madrid, España). 2001. Madrid, España.

Campos, A. Salguero, S. Albino, L. Rostagno, H. Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteína Ideal. In: III Congresso do Colégio Latino-Americano de Nutrição Animal (2008, Cancún, México). 2008. Vicososa, Brasil.

Castellanos, F. 1990. Aves de corral; Manejo de aves adultas. 2 ed. México, Trillas. p. 85.

Cevallos, A. Fuente, B. Cortés, A. Ávila, E. 2009. Nivel óptimo de lisina digestible en dietas para gallinas de postura de primer ciclo. Técnica Pecuaria en México. 47(2): 215 – 222.

Contreras, S. Gutierrez, N. 2017. Producción y comercialización avícola. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 3: 7.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2017. Producción nacional. Informe Técnico. 5: 18.

Deponti, B. Rizzo, M. Da Silva, F. Rombola, G. De Faria, D. 2004. Evaluación del requerimiento de triptófano para ponedoras comerciales.

Informe de Investigación – 39. Ed. por Ajinomoto Animal Nutrition, Sao Paulo, Brasil.

Dos Santos, A. Callejo, A. Nicodemus, N. Villamide, M. Gutiérrez, A. Buxade, C. Exigencia nutricional de treonina digestible para gallinas ponedoras durante el período de 55 a 61 semanas de edad. In: Congreso Científico de Avicultura (2013, Madrid, España). 2013. Madrid, España.

Douglas, Z. 2012. Puntos críticos en la nutrición de gallinas ponedoras. In: Congreso Nacional en Nutrición Animal y Producción Industrial de Alimentos Balanceados (2012, San José, Costa Rica). 2012. Madrid, España.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura. 2012. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Revisión del Desarrollo Avícola. Nueva Zelanda.

Ferrero, J. 2016. Los otros aminoácidos en nutrición del pollo de carne. Revista nutriNews. Nutega.

Flores, A. Programas de Alimentación en Avicultura: Ponedoras Comerciales. In: X Curso de Especialización FEDNA (1994, Madrid, España). 1994. Toledo, España.

Fuente, B. Mendoza, G. Arce, J. López, C. Ávila, E. 2012. Respuesta productiva de gallinas a dietas con diferentes niveles de proteína. Archivo de Medicina Veterinaria, México. 44: 67-74.

Gallardo, C. Salvador, E. 2016. Efecto de los niveles de aminoácidos azufrados sobre la calidad del huevo en gallinas de postura en el primer ciclo de producción. Revista Electrónica de Veterinaria. 17(9): 1-11.

Hisex Brown. 2009. Guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales. Hendrix-isa. USA.

Lemme, A. De la Cruz, C. Evonik. Nutrición de metionina y cisteína en ponedoras. In: XXV Congreso Latinoamericano de Avicultura. (26 – 29 de septiembre 2017, Guadalajara, México). 2017. Guadalajara, México.

Leonardi, E. 2013. Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa). 1 (1): 38 – 44.

Lesur, L. 2003. Manual de avicultura; Alimentación. 1 ed. México, Trillas.

North, M. 1984. Manual de producción avícola; Formación del huevo. 2 ed. México. Manual moderno.

Martínez, C. 2008. Avances en Nutrición de Gallinas de Postura. Informe. Ed. Por Ajinomoto Animal Nutrition, Brasil.

McDonald, P. Edwards, R. Greenhalgh, J. Morgan, C. 2002. Nutrición Animal; Digestión. 6 ed. España, Acribia.

Nasr, J. 2015. Evaluación de la formulación de dietas basadas en aminoácidos digeribles y en energía verdadera metabolizable en el comportamiento de gallinas reproductoras de engorde. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 49(1): 53-57.

Roldán, J. Pardo, N. Durán, L. Martínez, H. Durán, F. 2006. Aminoácidos sintéticos. Volvamos al campo. In: Manual de explotación en aves de corral. Colombia. Grupo Latino.

Rostagno, H. 2017. Tablas brasileñas para aves y cerdos, Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 4 ed. Universidad Federal de Vicosa, Vicosa, Brazil.

Sá, L. Nogueira, E. Goulart, C. Perazzo, F. Pessoa, J. 2012. Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. Informe. Ed. por Ajinomoto Animal Nutrition, Paraíba, Brasil.

Salguero, S. Maia, R. Albino, L. Rostagno, H. 2014. El futuro de la utilización de aminoácidos industriales en la producción de aves. Revista de Ciencias Veterinarias. 30(5): 1-5.

Salvador, E. Guevara, V. 2013. Desarrollo y validación de un modelo de predicción del requerimiento óptimo de aminoácidos esenciales y del comportamiento productivo en ponedoras comerciales. Revista de Investigación Veterinaria Perú. 24 (3): 266-275.

Shimada, A. 2003. Nutrición animal; Fases productivas de la gallina. 1 ed. México, Trillas.

Solís, F. 2016. Picaje de las plumas en especies avícolas. El Sitio Avícola. República Dominicana. 2921: 1-20.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Producción promedio de huevos (%) por tratamiento, durante 7 semanas.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	94.65	95.84	92.26	91.27
31 sem.	92.86	95.84	90.48	90.48
32 sem.	94.45	97.62	97.62	94.05
33 sem.	93.65	92.86	95.24	92.14
34 sem.	92.86	88.69	94.17	94.53
35 sem.	92.86	96.03	90.95	92.74
36 sem.	92.28	92.59	94.45	96.53
	93.37	94.21	93.60	93.10

Anexo 2. Consumo de alimento (g/ave/día) promedio por tratamiento, durante 7 semanas.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	112.00	115.03	105.68	111.83
31 sem.	108.95	114.12	105.55	111.39
32 sem.	107.27	112.30	108.60	110.45
33 sem.	108.73	112.46	112.33	101.83
34 sem.	110.86	115.03	104.78	112.08
35 sem.	96.20	102.25	93.63	100.42
36 sem.	92.45	104.34	98.49	102.78
	105.21	110.79	104.15	107.26

Anexo 3. Peso de huevo (g) promedio por tratamiento, durante el periodo evaluado.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	58.03	59.13	59.76	58.00
31 sem.	58.96	60.94	60.45	58.50
32 sem.	59.14	60.95	60.90	59.67
33 sem.	59.51	61.23	61.54	59.62
34 sem.	59.45	61.34	62.06	60.11
35 sem.	59.76	61.94	62.05	60.70
36 sem.	59.55	61.46	61.74	60.43
	59.20	61.00	61.21	59.57

Anexo 4. Masa de huevo (g/ave/día) promedio por tratamiento, durante el periodo evaluado.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	54.92	56.71	55.08	52.90
31 sem.	54.80	58.39	54.66	52.92
32 sem.	55.87	59.52	59.45	56.09
33 sem.	55.84	56.87	58.63	54.96
34 sem.	55.21	54.38	58.36	56.83
35 sem.	55.52	59.49	56.30	56.32
36 sem.	54.89	56.96	58.26	58.33
	55.29	57.47	57.25	55.48

Anexo 5. Conversión alimenticia (kg de alimento/kg de huevo producido) promedio por tratamiento.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	1.93	1.95	1.77	1.93
31 sem.	1.84	1.87	1.74	1.90
32 sem.	1.81	1.84	1.78	1.85
33 sem.	1.83	1.84	1.83	1.71
34 sem.	1.86	1.88	1.69	1.87
35 sem.	1.62	1.65	1.51	1.65
36 sem.	1.56	1.70	1.59	1.70
	1.78	1.82	1.70	1.80

Anexo 6. Producción de huevos (kg/ave) e ingresos por tratamiento.

Edad/Sem.	Tratamientos			
	PB13	PB14	PB15	PB16
30 sem.	0.384	0.397	0.386	0.372
31 sem.	0.384	0.409	0.383	0.370
32 sem.	0.389	0.417	0.416	0.393
33 sem.	0.390	0.398	0.410	0.368
34 sem.	0.386	0.381	0.392	0.381
35 sem.	0.388	0.398	0.376	0.380
36 sem.	0.329	0.363	0.339	0.335
Total kg/ave	2.652	2.762	2.701	2.598
kg de huevo x s/.	4.5			
Ingreso/ave s/.	11.933	12.431	12.156	11.691

Anexo 7. Concentración de Nitrógeno en excreta (%) promedio por tratamiento.

Repetición	Tratamientos (%)			
	PB13	PB14	PB15	PB16
1	3.62	3.47	3.72	4.59
2	4.34	3.69	3.66	3.61
3	3.74	3.53	4.33	4.19
4	2.99	4.34	4.02	4.75
	3.67	3.76	3.93	4.29

Anexo 8. Valores recomendados de consumo de aminoácidos digestibles (Rostagno, 2017)

Aminoácido	Consumo 106.6 g ave/día		
	%	(g)	(mg)
Lisina	0.798	0.851	850.67
Metionina	0.431	0.459	459.45
Metionina + Cistina	0.782	0.834	833.61
Treonina	0.614	0.655	654.52
Triptófano	0.184	0.196	196.14
Arginina	0.798	0.851	850.67
Glicina + Serina	0.614	0.655	654.52
Valina	0.742	0.791	790.97
Isoleucina	0.622	0.663	663.05
Leucina	0.974	1.038	1038.28
Histidina	0.231	0.246	246.25
Fenilalanina	0.519	0.553	553.25
Fenilalanina + Tirosina	0.942	1.004	1004.17