



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

---

AMINOACIDOS LIMITANTES EN DIETAS SORGO-PASTA DE  
SOYA CON 13% DE PROTEINA CRUDA PARA GALLINAS DE  
POSTURA ISA BROWN

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

**MIRIAM GABRIELA ARAIZA GARCIA**

Asesores:

MVZ MC Benjamín Fuente Martínez  
MVZ MSc Ernesto Ávila González



México D.F

2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 Dios.*

*Por darme la oportunidad de vivir, saber afrontar cada prueba que ha puesto en mi camino, por haberme permitido llegar hasta este punto y estar conmigo en cada paso que doy.*

*A mis Padres.*

*Principalmente por darme la vida y ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su incondicional apoyo, confianza y amor a lo largo de mi vida.*

*A mi Hermana.*

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores y más que nada por su amor.*

*A mis Familiares.*

*Tíos, tías, primos, primas, sobrinos, sobrinas y abuelos que participaron directa o indirectamente en esta tesis, pero sobre todo porque han estado conmigo a lo largo de mi vida.*

*A mis Amigos.*

*Que nos apoyamos mutuamente y compartimos buenos y malos momentos, Diana, Areli, Vicente, Sarahi, Esmeralda, Carlos, Isaac, Raquel, Jenny, Gabriel, y cada compañero a lo largo del camino universitario con los cuales compartí experiencias.*

*A mis Profesores.*

*A todos aquellos que dedicaron su valioso tiempo a mi formación universitaria y fueron una motivación para la culminación de mis estudios.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México máxima casa de estudios y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por darme la oportunidad de alcanzar esta meta.

Al CEIEPAv por todo el apoyo brindado y las facilidades para la realización de este estudio, a lo largo de la realización de este proyecto conté con el respaldo de muchísimas personas, que en muchos casos aun sin conocerme me brindaron su apoyo y a quienes deseo agradecer, porque todos de alguna u otra forma participaron y sin su ayuda hubiera resultado aun más complicado terminarlo, ¡gracias!

Al Dr. Benjamín Fuente Martínez, por la oportunidad y confianza que me brindo para realizar este trabajo bajo su dirección, sobre todo por la comprensión y paciencia ¡gracias Doctor!

Al Dr. Ernesto Ávila González, por su apoyo, enseñanzas y conocimiento compartido.

A la Dra. Elizabeth Posadas Hernández y al Dr. Ezequiel Sánchez Ramírez por su amistad y apoyo en mi estancia en el C.E.I.E.P.A.v y realización de este proyecto.

Al Dr. José Luis Gil Mejía por su confianza al brindarme su amistad y compartir sus conocimientos cotidianamente.

A todos mis amigos y compañeros con los que conviví en la realización de este proyecto y compartimos buenos momentos y experiencias: Liz, Gris, David, Carlos, Eric, Taty, Manuel, Sarahi Donajy, Jorge, Lázaro, Badhi, Alma. ¡Gracias!

## Contenido

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
HIPÓTESIS .....	15
OBJETIVO GENERAL.....	16
MATERIAL Y MÉTODOS. ....	17
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS: .....	26
CUADROS Y FIGURAS .....	29

## RESUMEN

ARAIZA GARCIA MIRIAM GABRIELA. Aminoácidos limitantes en dietas sorgo-pasta de soya con 13% de proteína cruda para gallinas de postura Isa Brown (bajo la dirección de: MC Benjamín Fuente Martínez y MSc Ernesto Ávila González)

Con el objeto de determinar el orden de los aminoácidos esenciales más limitantes, en dietas sorgo-pasta de soya, en gallinas Isa Brown, se realizó un experimento. Se utilizaron 432 gallinas con 63 semanas de edad y 45 semanas en producción, las aves se distribuyeron conforme a un diseño completamente al azar en 6 tratamientos con 6 réplicas de doce gallinas cada una. Se emplearon dietas sorgo + pasta de soya, una cumpliendo con lo establecido para la estirpe (testigo) y otras formuladas bajo el concepto de proteína ideal propuesto por Fuente *et al* <sup>(20)</sup> y valina de Rostaño <sup>(25)</sup> adicionadas con aminoácidos sintéticos L-lisina HCl, DL-metionina, L- treonina, y L- arginina y L- valina y 13% de PC. Los tratamientos fueron como se describen a continuación. 1. Dieta con 13 % de proteína cruda; 2. Como 1 menos L-lisina HCL y DL-Metionina; 3. Como 1 menos L-Treonina; 4. Como 1 menos L-Valina; 5. Como 1 menos L-Arginina y 6. Dieta testigo (17% de proteína cruda). Se llevaron registros semanales durante 70 días de; porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, peso promedio del huevo. A los datos obtenidos, se les realizó un análisis de observaciones repetidas en el tiempo y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los resultados obtenidos mostraron que el comportamiento productivo ( $p < 0.05$ ) disminuye más al quitar de la dieta los aminoácidos limitantes; la lisina y metionina fueron los aminoácidos más limitantes, seguidos de treonina, valina y arginina. La dieta con 13% de proteína cruda con el perfil de proteína ideal, mostró un comportamiento similar a la dieta con 17% de proteína.

## INTRODUCCION

En el 2010, la producción mundial de alimentos balanceados fue de alrededor de las 680 millones de toneladas, mientras que en la región americana se alcanzaron las 302 millones de toneladas, encabezando la lista Estados Unidos, Brasil y Canadá. México, ocupa el cuarto lugar con un registro de 28.1 millones de toneladas, representado el 44% de la producción mundial. <sup>(1)</sup>

México se encuentra entre los 10 principales productores mundiales de alimentos balanceados con un volumen que para el 2011, aproximadamente alcanzo los 29.4 millones de toneladas fundamentalmente elaborados para la avicultura. <sup>(1)</sup>

En la actualidad se consumen 14.4 millones de toneladas de alimento balanceado de los cuales 9.0 son granos forrajeros (maíz y sorgo), 2.9 millones corresponden a pastas oleaginosas y 2.4 millones de toneladas de otros ingredientes. <sup>(2)</sup>

México se ubicó como el sexto productor de huevo a nivel mundial, después de China, La Unión europea y EUA. Un dato que se debe considerar es que, el principal consumidor de huevo a nivel mundial es México. El consumo per cápita anual del mexicano, es de 22.5 kg de huevo, lo que equivale a más de un huevo diario. En segundo lugar se encuentra China con un consumo percapita de 20.4kg, en tercer lugar Singapur con 18.8 kg. <sup>(2)</sup>

En el periodo de 1994 al 2011 el consumo de insumos agrícolas, creció a un ritmo anual de 3.1% y cabe destacar que la avicultura fue la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. <sup>(2)</sup>

Los costos directos representan el 91.4% del costo total de huevo, dentro de estos el alimento representa el 64.5% y los costos indirectos representan el 8.6% del costo total. <sup>(2)</sup>

(3)

La parvada nacional avícola en México en el 2011 fue la siguiente; 478 millones de aves, 146 millones de gallinas ponedoras, 270 millones de pollos al ciclo. En el 2011, la producción de huevo fue de 2.538 millones de toneladas. La producción de huevo, de 1994 a 2011, creció a un ritmo anual de 3.3%, lo que significa que en dicho lapso, su crecimiento fue de 74%, por lo tanto en México la autoinsuficiencia esta garantizada. La producción de huevo en México durante 2011, se produjo fundamentalmente en los siguientes estados y regiones del país como; Jalisco, Puebla, Sonora, la Laguna, Nuevo León, Yucatán y Guanajuato. <sup>(2)</sup>

El 95% de la producción fue de huevo blanco y el 5% fue de huevo rojo. Y actualmente se ha incrementado la oferta de huevo industrializado. <sup>(2)</sup>

En la avicultura con la selección genética se ha incrementado la capacidad de producción de huevos en la gallina de postura, donde las líneas modernas producen 300 huevos por ave; el huevo es más pesado y alcanzan la madurez sexual más temprano, lo que se traduce en 18kg de masa de huevo por gallina. <sup>(3)</sup>

Por lo que es de suma importancia que una buena nutrición en la industria avícola involucra una adecuada formulación del alimento según la estirpe, edad, etapa de producción del ave; es decir todos los nutrientes deben cubrir los requerimientos nutricionales y estar perfectamente balanceados de tal forma que se formule una dieta equilibrada al menor costo posible pero que maximice los resultados productivos y tenga rentabilidad<sup>(4)</sup>, ya que la alimentación es la que representa el mayor costo de producción y se deben de buscar nuevas estrategias para reducir estos costos. <sup>(5)</sup>

Después de la energía, la proteína necesaria para aportar los aminoácidos esenciales son el grupo de nutrientes más caros en la dieta, las necesidades de aminoácidos esenciales de las aves, representa aproximadamente 40-45% del costo total del alimento. <sup>(5)</sup>

(4)

Las proteínas son necesarias para la formación y mantenimiento de los tejidos del cuerpo. Esta función se lleva a cabo por los aminoácidos, que se combinan para formar proteínas. <sup>(5)</sup> La importancia de los aminoácidos en la nutrición se demuestra por las numerosas funciones que desarrollan las proteínas en el organismo animal. Constituyen alrededor de la quinta parte del peso del ave y aproximadamente la séptima parte del peso del huevo. <sup>(5)</sup>

Los aminoácidos se absorben en el tracto intestinal, información reciente indica que aproximadamente el 33% de los aminoácidos se absorben como aminoácidos libres, el restante 67% como dipéptidos o tripéptidos, de acuerdo a las proporciones en que se liberan en la digestión, y después son transportados a los sitios de síntesis de proteínas, lugar donde se forman las proteínas requeridas. Dado que los aminoácidos no se almacenan en el organismo, estos deben llegar al cuerpo en las proporciones necesarias para la síntesis. De no ser así, la falta o exceso hacen que estos se desaminen y se usen como fuente de energía. <sup>(5)</sup>

Cuando un nutriente no puede ser sintetizado por el animal, su ausencia en la ración produce problemas por falta o deficiencia del mismo. En el caso de aquellos aminoácidos catalogados como esenciales: Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano, Valina y Arginina, la falta de ellos detiene la síntesis de la proteína, ocasionando problemas que pueden llegar a comprometer la vida del animal. <sup>(3)</sup>

Actualmente se formulan dietas no solamente en base a su contenido de proteína cruda total, sino que, se balancea de acuerdo al perfil de aminoácidos esenciales totales y digestibles. <sup>(4)</sup> No existe un requerimiento de proteína, el nivel de proteína de la dieta está definido por la concentración de proteína que satisfaga el requerimiento de aminoácidos esenciales, <sup>(6)</sup> por lo que es conveniente usar valores de digestibilidad, ya que son mejores indicadores de su valor nutritivo en los diferentes ingredientes, que los valores de concentración total de aminoácidos. <sup>(5)</sup>

(5)

Aminoácidos esenciales y no esenciales: Los 20 aminoácidos más comúnmente encontrados en las proteínas para aves se clasifican en tres grupos; esenciales o indispensables, semiesenciales y no esenciales o dispensables. De hecho, todos los aminoácidos indicados son esenciales a nivel metabólico; sin embargo, los llamados no esenciales pueden ser sintetizados por las células, por lo que no necesitan estar presentes en el alimento balanceado, mientras que los llamados esenciales no se sintetizan, por lo que deben estar presentes en el alimento. <sup>(7)</sup>

Los aminoácidos llamados esenciales que para las aves son 10. Estos aminoácidos como se señaló reciben el nombre de esenciales debido a que el organismo animal no los puede sintetizar, como es el caso de lisina y treonina (al no existir enzimas transaminasas que los sinteticen o no presentarse su precursor, que normalmente es el esqueleto de carbono de un cetoácido proveniente del metabolismo de carbohidratos), o bien, que su síntesis no se da a la velocidad requerida para satisfacer los requerimientos de las aves. <sup>(5)</sup>

Por lo tanto para una alimentación completa siempre se necesita además de los aminoácidos esenciales, una cierta cantidad de nitrógeno proveniente de aminoácidos no esenciales. En ese caso da lo mismo cual de los aminoácidos no esenciales se proporcione. <sup>(7)</sup>

Uno de los factores que afectan la utilización de la proteína de la dieta es el balance de aminoácidos, tanto para mantenimiento como para producción. Es bien conocido que dietas con menor cantidad de proteína y complementadas con los aminoácidos mas limitantes aumentan la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta. Por otro lado, la adición de aminoácidos sintéticos a dietas bajo el concepto proteína ideal, las variables productivas pueden ser mantenidas e incluso, incrementadas. Además, al utilizar aminoácidos sintéticos, disminuyen la excreción de nitrógeno al medio ambiente. <sup>(7)</sup>

(6)

Es importante mencionar que la síntesis de aminoácidos se da principalmente en estados energéticos positivos, es decir, cuando el animal tiene satisfechos sus requerimientos de energía. Las aves requieren de 10 a 12 aminoácidos más una cantidad adicional de nitrógeno suficiente para la biosíntesis de los aminoácidos conocidos como “no esenciales”. Con la disponibilidad de los aminoácidos sintéticos, metionina, lisina, treonina y triptófano que son los aminoácidos más limitantes, los niveles de proteína de las dietas se han reducido sin ningún impacto en la productividad del animal. <sup>(5)</sup>

En un principio las dietas tanto de cerdos como de aves, se formulaban con base en el contenido de proteína cruda de los ingredientes. <sup>(8)</sup> Posteriormente con la producción de aminoácidos esenciales en forma cristalina a nivel comercial como metionina, lisina, treonina, triptofano y recientemente valina; Los nutriólogos utilizan los aminoácidos esenciales sintéticos para cubrir las necesidades específicas de las aves y de los cerdos. Sin embargo, el conocimiento que se tenía de la composición de los ingredientes con base en aminoácidos totales era insuficiente para formular dietas de alto nivel nutricional ya que las cantidades que están presentes en los ingredientes frecuentemente son menores a la cantidad total de estos nutrientes presentes en los diferentes alimentos. <sup>(9)</sup>

Por lo tanto se le debe dar importancia a la composición de los ingredientes en términos de aminoácidos biodisponibles, sin tener que utilizar este término como sinónimo de digestibilidad ya que este corresponde a la porción de los nutrientes que son absorbidos en el tracto gastrointestinal y biodisponibilidad se refiere a la fracción de los nutrientes absorbidos que son utilizados en el metabolismo para mantenimiento y producción. <sup>(10)</sup>

Sorgo: En el campo de la nutrición animal, es la fuente principal de energía en México en la preparación de dietas para la alimentación de varias especies, principalmente no rumiantes. Este grano presenta una amplia variación en el contenido de proteína, que va de 5.44 a 12.9%. El aumento en el contenido de

(7)

proteína en el grano, no significa aumento en la calidad de este. En términos generales, se considera que el sorgo es ligeramente superior en contenido de proteína que el maíz, pero la calidad de la misma o mejor dicho la cantidad de aminoácidos esenciales es superior en el maíz.<sup>(5)</sup>

Pasta de soya: La pasta de soya es un subproducto de la extracción del aceite de frijol de soya. La pasta de soya es una de las mejores fuentes de proteína de origen vegetal con que se cuenta actualmente, debido a su alto contenido de lisina en relación a otras; Sin embargo su contenido de proteína es variable.<sup>(5)</sup>

Numerosas investigaciones han demostrado que la metionina es el primer aminoácido limitante en la pasta de soya, tanto cruda como cocida, aun cuando se requiere suplementar más en la cruda. Treonina por cálculo parece ser el segundo.<sup>(5)</sup>

Proteína ideal: El concepto de proteína ideal fue desarrollado por primera vez en la Universidad de Illinois en los años 50's y principios de los 60's. El objetivo fue el de proveer una mezcla ideal de aminoácidos indispensables para conocer exactamente los requerimientos de los pollos para síntesis de proteína y mantenimiento, sin tener una deficiencia o un exceso; sin embargo los científicos se dieron cuenta de que su primera versión de una proteína ideal tenía excesos de aminoácidos. Dean y Scott comprendieron que las dietas originales con 25% de proteína contenían substancialmente excesos de aminoácidos, por lo que iniciaron una serie de investigaciones sobre estos requerimientos, culminando en el estándar Dean en 1965, con una dieta de 17.7% de proteína.<sup>(7)</sup>

Posteriormente, Scott y Baker, junto con sus estudiantes graduados, probaron que varios aminoácidos en el estándar de la dieta estaban en exceso y propusieron un nuevo estándar mejorado, que contenía solamente 14.8% de proteína y alcanzaban los mismos resultados que los estándares con 17.7% de proteína. Esto dio origen a lo que conocemos actualmente como patrón ideal de

aminoácidos digestibles de Illinois (IIPC) para pollo de engorda. Para el caso de la gallina hoy en día no existe un patrón de proteína ideal con base en aminoácidos digestibles. <sup>(7)</sup>

Es importante saber que todos los aminoácidos que se hallan en la naturaleza, se encuentran en la configuración L, que es con unas pocas excepciones, la forma más activa desde el punto de vista biológico. Los aminoácidos sintéticos por lo común se presentan como la mezcla racémica de Isómeros L y D. <sup>(11)</sup>

Lisina, características generales: El tejido muscular en general contiene más lisina por gramo de proteína que cualquier otro aminoácido esencial. <sup>(12)</sup>

Metionina, características generales: La metionina es un aminoácido neutro, que contiene un átomo de azufre, es el primer aminoácido en la síntesis de cualquier proteína. La metionina y la cisteína son los 2 aminoácidos que contienen un átomo de azufre. <sup>(13)</sup>

La metionina debe ser aportada en cantidades importantes, por que el organismo de las aves es incapaz de llevar una adecuada síntesis de este aminoácido. Al formular dietas a base de sorgo+ soya la metionina es el primer aminoácido limitante. <sup>(13)</sup>

Treonina, características generales: La treonina es el aminoácido en mayor concentración en la mucina (mucosa intestinal) y en los anticuerpos. Es necesario tener en cuenta, que su deficiencia puede comprometer el funcionamiento del sistema digestivo e inmunológico y reducir su disponibilidad para síntesis de proteína muscular. <sup>(14)</sup>

Valina, características generales: La valina es un aminoácido esencial de cadena ramificada, que actúa normalmente como el quinto aminoácido limitante en cerdos

y el cuarto limitante en pollos de engorde en los alimentos que se utilizan comúnmente en América Latina. <sup>(14)</sup>

Este aminoácido es importante para la deposición proteica corporal, ya que alimentos deficientes en valina reducen la eficiencia en la utilización de los primeros aminoácidos limitantes, perjudicando, por consiguiente, el desempeño zootécnico de los animales. Para prevenir posibles deficiencias de valina y para asegurar el éxito de la reducción del nivel de proteína en los alimentos, es esencial que se utilice el concepto de proteína ideal en las formulaciones. <sup>(14)</sup>

Arginina características generales: La arginina es un aminoácido esencial para pollos y gallinas de postura debido a la ausencia de un ciclo de la urea funcional en las aves. La arginina juega un papel crítico en las vías metabólicas asociadas con el crecimiento y la competencia inmune. Del mismo modo, como un precursor de la síntesis de óxido nítrico, la arginina es importante vasodilatador ya que se opone a la aparición de la hipertensión pulmonar en pollos de engorda. <sup>(15)</sup>

Perfil ideal para gallina de postura: El concepto de formular alimento balanceado para la gallina ponedora comercial con base en la proteína ideal, tiene como ventaja el que disminuyen los problemas relacionados con las formulaciones en base a proteína y aminoácidos totales(exceso de nitrógeno excretado al ambiente).<sup>(3)</sup>

Un perfil ideal de proteína y aminoácidos esenciales en un alimento balanceado, significa que los niveles de los esenciales y no esenciales cubren las necesidades de las aves sin dejar nitrógeno extra de los aminoácidos por eliminar. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, es muy difícil lograr un balance ideal debido a la falta de muchos aminoácidos sintéticos. Entonces por el momento la mejor formulación de proteína y aminoácidos ideales consiste en seleccionar fuentes de proteína altamente digestibles que se complementen unas con otras,

además de los aminoácidos cristalinos (metionina, lisina, treonina y triptófano) disponibles en el mercado. <sup>(3)</sup>

La razón, por la cual es importante formular con base en aminoácidos digestibles, es cubrir las necesidades de las aves sin tener tanto margen de seguridad en fuentes de proteína de baja digestibilidad, esto le permite al nutriólogo emplear niveles más bajos de proteína contribuyendo de esta forma a disminuir las excreciones de nitrógeno ya que las investigaciones, han mostrado que por cada 1% de reducción en la proteína cruda en la ración, hay un 10% de reducción en la pérdida de nitrógeno en el excremento de las aves. <sup>(3)</sup>

Al ajustar los niveles a un perfil ideal, se evitan deficiencias y excedentes y la consecuente producción de energía a partir de aminoácidos, ya que cuando los aminoácidos son consumidos en exceso, experimentan la pérdida de sus grupos amino, cuyo nitrógeno debe ser excretado, y sus esqueletos carbonados residuales, pueden seguir 2 caminos: 1) la conversión en glucosa (gluconeogénesis) y 2) Su oxidación a través del ciclo de los ácidos tricarbónicos, reduciéndose al mínimo de excreción de nitrógeno, ambos procesos (excreción de nitrógeno y oxidación de esqueletos carbonados) resultan muy costosos al ave desde el punto de vista metabólico. <sup>(16)</sup>

Los requerimientos de aminoácidos para gallinas ponedoras, se pueden dividir en necesidades de mantenimiento y de producción. Las necesidades de mantenimiento, se usan para sustituir las proteínas endógenas perdidas en el tracto gastrointestinal durante la digestión y del recambio de las proteínas corporales. Los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento, se relacionan al peso y composición corporal presentan un perfil diferente al de los requerimientos para producción de huevo. <sup>(3)</sup>

La validación del concepto de la proteína ideal para ponedoras, ha indicado que la gallina necesita proteína per se para producir mayor cantidad de albumina y peso

del huevo. A diferencia de lo encontrado en pollo, en la gallina de postura ha habido escasa investigación sobre las necesidades de mantenimiento, o en la eficiencia de utilización de los aminoácidos para sintetizar la proteína.<sup>(3)</sup>

Cuando se refiere a el pollo de engorda, hay que considerar que el metabolismo de la proteína muscular es dinámico, donde existe un recambio constante de aminoácidos; sin embargo, en el huevo solo existen un proceso de deposición a diferencia de la muscular. Por lo tanto el perfil de aminoácidos esenciales necesarios para el pollo de engorda es diferente al de aves de postura y no debe extrapolarse.<sup>(3)</sup>

Actualmente ya se conoce el impacto que ocasiona un desequilibrio de aminoácidos en la dieta tanto en el consumo de alimento, productividad de los animales y en ocasiones incluso casos de toxicidad al proporcionar un exceso de algún aminoácido, especialmente en dietas deficientes en los aminoácidos esenciales más limitantes.<sup>(7)</sup>

La deficiencia de proteína o de algún aminoácido en las aves tiene diversos efectos sobre estas. Si la deficiencia es marginal, se presenta reducción en el crecimiento en pollitos y la conversión alimenticia es más pobre. En cambio, si la deficiencia es más severa, las aves dejan de comer, la producción baja y puede ser nula; hay pérdida de peso hasta un 6-7% diario, se induce la pelecha o muda y finalmente el ave muere.<sup>(7)</sup>

Hay varias maneras de corregir una deficiencia de aminoácidos esenciales en las dietas; la mejor es emplear una combinación de fuentes naturales de proteína y aminoácidos sintéticos, así la deficiencia se suple en parte por fuentes de proteína ricas en aminoácidos esenciales y los aminoácidos sintéticos lisina, metionina, treonina y en ocasiones triptófano (este último llega a ser limitante en dietas para gallinas en postura altas en maíz y sus subproductos) que son los más limitantes o deficientes en la materia prima comúnmente empleada en la formulación.<sup>(5)</sup>

El orden de utilización de los aminoácidos esenciales más deficientes (lisina, metionina, treonina), se define por lo general, pero el orden limitante de otros aminoácidos no está claro. <sup>(17)</sup>

También es bien sabido que un exceso de aminoácidos en la dieta, implica que sean utilizados ineficientemente por los animales, por que los aminoácidos son desaminados y el nitrógeno se excreta principalmente como ácido úrico en las aves. <sup>(17)</sup>

La gallina moderna ha sido seleccionada para mayor producción de masa de huevo, y por tanto su alimentación se ha aumentado el nivel de proteína y ciertos aminoácidos, contribuyendo así con un incremento en la contaminación ambiental por la porción nitrogenada no digerida en el tracto gastrointestinal, sin necesariamente afectar la rentabilidad de la parvada. <sup>(3)</sup> La gallina de postura hoy en día recibe un exceso de proteína en la ración y llega a emplear solo el 40% del nitrógeno ingerido en la producción de huevo y carne, siendo el restante 60% excretado vía heces y orina, lo cual llega a representar un serio problema de contaminación. <sup>(3)</sup>

Trabajos de campo realizados en pollas de reemplazo, gallinas de postura, pollos, y pavos en Pensilvania de 1994 a 1997, indicaron que entre 18 y 40% del nitrógeno de la ración es vertido a la atmosfera como amoníaco (NH<sub>3</sub>) y otros compuestos, y se provoca contaminación directa a los mantos freáticos. <sup>(3)</sup>

Además de las consideraciones en el desempeño biológico y económico, la compatibilidad del ambiente es cada vez más importante en la producción animal. Dado que la producción intensiva avícola crece aceleradamente, la cantidad de excretas es mayor, y puede ocasionar grandes problemas de contaminación, debido a las enormes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen. <sup>(18)</sup>

Además originan grandes volúmenes de excretas que se depositan en el suelo, y como resultado, éste y el agua se contamina ya que puede provocar un aumento en la concentración de nitrógeno en las aguas superficiales y subterráneas provocando una contaminación en gran magnitud, siendo con esto necesario disminuir la eliminación de nitrógeno causado por las aves. Dos formas de disminuir la excreción de nitrógeno son el prevenir la alimentación con niveles elevados de proteína en las dietas formulando de acuerdo a los requerimientos y administración de un mejor balance de proteína en la dieta, lo cual implica el mejoramiento de la digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos. <sup>(19)</sup>

Excreción de nitrógeno: El producto final, del metabolismo de las proteínas en las aves es el ácido úrico. Entre los pasos para su síntesis se incluye la remoción del amoníaco por transaminación y descarboxilación oxidativa, el transporte del amoníaco y la síntesis de carbamil fosfato, entra al ciclo de la urea. Las aves carecen de la carbamil fosfato sintetasa y por esta razón no puede sintetizar urea. La manera en que se elimina el nitrógeno es a través del ácido úrico, una base purica. <sup>(7)</sup>

Cuando un organismo no puede obtener mediante la dieta la suficiente cantidad de aminoácidos esenciales, el organismo cataboliza la proteína de los músculos para obtener estos aminoácidos. Por este proceso natural se aumenta la producción de nitrógeno y su eliminación mediante ácido úrico, y este aumenta. Con un incremento en los niveles de aminoácidos esenciales en la dieta esta eliminación disminuye, por unidad de proteína consumida. <sup>(7)</sup>

Relación de aminoácidos y medio ambiente: Las gallinas de postura de hoy en día reciben un exceso de proteína en la dieta. La parte de nitrógeno que no es retenida por el animal para crecimiento y producción es excretada, convirtiéndose en potencial destructor del medio ambiente. <sup>(7)</sup>

El nitrógeno es uno de los contaminantes, producto de los sistemas de producción animal más serio en el medio ambiente. Adiciones de nitrógeno en exceso al suelo causan erosión y, por consecuencia, contaminan mantos freáticos, Además la emisión de amoniaco a la atmosfera causa daños respiratorios y es una de las causas de la formación de lluvias acidas. <sup>(7)</sup>

En general los animales son muy ineficientes para convertir la proteína de la dieta a proteína animal. Solo el 40% del nitrógeno consumido es utilizado para la producción de carne o de huevo y el resto es eliminado por las heces o por la orina, que contamina la tierra. <sup>(7)</sup>

Fuente *et al* en 2012 <sup>(20)</sup> utilizando gallinas Hy line W36 con dietas con 13%PC y utilizando el perfil de proteína ideal desarrollado en el 2005 <sup>(7)</sup> encontraron que para obtener una máxima producción se requerían de 15.3%PC, mencionando que posiblemente los aminoácidos arginina y valina fueran los que limitaran la disminución de la PC. El perfil de proteína ideal que se utilizó fue lisina 100%, azufrados 82%, treonina 70%, triptófano 25%.

Con estos antecedentes, se planteó el presente trabajo para evaluar el orden limitante de los principales aminoácidos lisina, metionina, treonina, valina y arginina en dietas bajas en proteína sorgo - soya en gallinas Isa Brown.

## **HIPOTESIS**

Al eliminar los aminoácidos más limitantes (metionina, lisina, treonina, arginina, valina) en dietas sorgo más pasta de soya con 13% de proteína en gallinas en producción semipesadas Isa Brown, los parámetros productivos disminuyen.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el orden limitante de los aminoácidos esenciales adicionados en dietas sorgo-pasta de soya con 13% de PC, en gallinas Isa Brown.

Objetivos particulares

1-Evaluar los parámetros productivos (porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa de huevo, consumo de alimento e índice de conversión) en gallinas Isa Brown con y sin la adición de Lisina-Metionina, Treonina, Valina y Arginina en dietas sorgo - soya con 13% de P.C.

2-Verificar la ganancia o pérdida de peso de las gallinas Isa Brown alimentadas con dietas bajas en proteína y deficientes en aminoácidos esenciales (lisina-metionina, treonina, valina, arginina).

## **MATERIAL Y MÉTODOS.**

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El cual está localizado en la calle Salvador Díaz Mirón núm. 89 en la colonia Santiago Zapotitlán, Delegación Tláhuac, México D.F., a una altitud promedio de 2250 msnm., entre los paralelos 19° 17' 30" latitud Norte y los meridianos 99°00'30" bajo un clima templado subhúmedo (Cw), con precipitación pluvial media anual de 747mm; Siendo Enero el mes más frío y Mayo el mes más caluroso, con una temperatura media anual de 16°C. <sup>(21)</sup>

Además todos los procedimientos de manejo que involucraban a las aves, se cumplieron con los requisitos señalados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales (CICUAE-FMVZ-UNAM con base en la norma oficial mexicana NOM-069-ZOO-1999).

El experimento se realizó en una caseta de ambiente natural, en jaulas con forma de pirámide, bebederos de copa que son compartidos por dos jaulas, y un comedero de canaleta. Se utilizaron gallinas de la línea Isa Brown con un peso promedio de 2055g ± 63.9g, 63 semanas de edad y 45 semanas en producción de huevo. Antes de la formulación de las dietas, se determinaron los aminoácidos de los ingredientes empleados (Cuadro 1), mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia cercana al infrarrojo (NIR) <sup>(22)</sup>

Las aves se distribuyeron conforme a un diseño completamente al azar, en 6 tratamientos con 6 réplicas de doce gallinas cada una (3 aves por jaula) con un total de 432 gallinas <sup>(23)</sup>. Se les proporcionó un fotoperiodo de 16 hrs luz x día. El agua se ofreció ad libitum; antes de iniciar la prueba se determinó el consumo de alimento y se ajustó a 100g/ave/día; para que todas las aves tuvieran el mismo consumo de alimento evitando sobre consumo de nutrientes.

Se emplearon dietas sorgo + pasta de soya (Cuadros 2 y 3), una cumpliendo con lo establecido para la estirpe a nivel comercial <sup>(24)</sup> (testigo) y otras formuladas bajo el concepto de proteína ideal propuesto por Fuente et al <sup>(20)</sup> y valina de Rostaño et al <sup>(25)</sup> adicionadas con aminoácidos sintéticos L-lisina HCl, DL-metionina, L- treonina, y L- arginina y L- valina y 13% de PC.

Los tratamientos fueron como se describen a continuación.

1. Dieta con 13 % de proteína cruda
2. Como 1 menos L-lisina HCL y DL-Metionina.
3. Como 1 menos L-Treonina.
4. Como 1 menos L-Valina.
5. Como 1 menos L-Arginina.
6. Dieta testigo (17% de proteína cruda).

Se llevaron registros semanales durante 70 días de; porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, peso promedio del huevo. Adicionalmente al inicio y al final del experimento se pesaron 144 aves (33%) del total de la población mediante un muestreo aleatorio simple sin reemplazo para calcular la ganancia o pérdida de peso.

### Análisis estadístico

A los datos obtenidos de las variables en estudio se les realizó un análisis de observaciones repetidas en el tiempo mediante el siguiente modelo:

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

*i*=tratamiento (1, 2, 3, 4, 5 y 6)  
*j*=semanas (1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10)  
*k*=replicas (1,2,3,4,5 y 6)

Donde:

$Y_{ijk}$ = Variable de respuesta (porcentaje de postura, peso promedio de huevo, consumo de alimento, masa de huevo, conversión alimenticia)

$\mu$ = Media general

$\alpha_i$ = Efecto del *i*-ésimo tratamiento

$d_{ik}$ = Error experimental para las gallinas dentro del tratamiento

$\beta_j$ = Efecto del *j*-ésimo tiempo

$\alpha\beta$ = Interacción entre tratamiento y tiempo

$e_{ijk}$ = error experimental

La comparación de las medias, se realizó con la prueba de Tukey con una significancia de  $P < 0.05$ .<sup>(26)</sup>

## RESULTADOS

Los resultados semanales obtenidos en 70 días de experimentación, se pueden observar en el Cuadro 4, se aprecia para las variables porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia, existieron diferencias a semanas de experimentación es decir la productividad fue disminuyendo por efecto de la edad de las aves, el peso del huevo sin embargo va aumentando y la conversión empeorando ( $P < 0.05$ ); para consumo de alimento no se encontró respuesta debido a que esta variable fue controlada.

En el Cuadro 5, se muestran los resultados promedio de las variables productivas y pérdida de peso. Donde se observa que el porcentaje de postura disminuyó al quitar de las dietas lisina-metionina, treonina y valina, también se aprecia que la dieta comercial con 17% de proteína fue similar a la de 13% con el perfil de proteína ideal ( $P < 0.05$ ) (Figura 1). Con respecto al peso y la masa de huevo se aprecia que se redujeron al eliminar de la dieta con 13% de PC, lisina-metionina, treonina y valina (Figura 2 y 3).

Para la conversión alimenticia se encontró que el tratamiento 2 (sin lisina y metionina), obtuvo el peor valor de esta variable, seguido por el tratamiento 3 (sin treonina), el tratamiento 4 (sin valina), el tratamiento 1 (13%PC), el tratamiento 5 (sin arginina) y el tratamiento 6 (17%PC) (Figura 4). Para la pérdida de peso se encontró que las aves empleadas, en todo este experimento tuvieron disminución similar en el peso corporal ( $P > 0.05$ ) en promedio fue una disminución de  $143g \pm 55g$ .

En general para todas las variables productivas estudiadas, el peor comportamiento productivo fue al quitar la lisina-metionina de la dieta con 13 % de PC seguido por las dietas sin treonina y valina, como se puede observar en los consumos de aminoácidos del Cuadro 6 el mayor consumo de aminoácidos lo obtuvo la dieta con 17% de proteína cruda. Las dietas con 13% de proteína cruda

(21)

y la dieta sin arginina, mostraron un comportamiento similar a la dieta tipo manual ( $P < 0.05$ ). El mayor peso de huevo lo obtuvo la dieta con 17% de proteína cruda (62g), y el menor peso lo obtuvo la dieta sin lisina-metionina (58.1g).

## DISCUSION

Los resultados promedio obtenidos en postura, peso promedio de huevo, conversión alimenticia y masa de huevo fueron inferiores a los indicados en el manual de la estirpe <sup>(23)</sup>, esto puede deberse a que los tratamientos más deficientes en aminoácidos (T2, T3, T4) afectaron el promedio. Lo que pudo ocasionar el bajo rendimiento en la producción y peso de huevo, por lo tanto también se afectó la conversión alimenticia ya que esta variable es una relación entre el peso del huevo y el alimento consumido, como se controló el consumo de alimento la conversión alimenticia fue afectada principalmente por el peso de huevo siendo mucho mayor en los tratamientos 3 y 4 con respecto al tratamiento 6 (Dieta tipo manual).

Rostaño en 2011<sup>(25)</sup> menciona que el consumo de energía para la gallina marrón debería de ser de 300kcal/ave por día, con un consumo de alimento de 108g, por lo que el consumo de alimento que se proporcionó a las aves pudo afectar los resultados en parámetros productivos, viéndose reflejadas en la pérdida de peso que presentaron estas (Cuadro 4).

La pérdida de peso en las gallinas en los diferentes tratamientos, coincide con lo que menciona Harper en 1958<sup>(27)</sup> de una reducción en el consumo de aminoácidos y energía ocasiona reducción en el peso ya que, en todos los tratamientos se tuvo pérdida de crecimiento ( $P>0.05$ ) por lo tanto no se puede atribuir a un menor consumo de aminoácidos y energía en este experimento.

Los resultados obtenidos en parámetros productivos con respecto a arginina y valina (Cuadro 4), se observó una menor producción, peso y masa de huevo, cuando la dieta fue deficiente en valina, estos resultados difieren con lo obtenido por Harms <sup>(28)</sup>, este autor menciona que al adicionar arginina y valina en dietas de postura, no se afecta el comportamiento productivo, sin embargo este autor utilizó reproductoras pesadas de 40 semanas de edad, Harm en 1993<sup>(29)</sup>

empleando gallinas ligeras de la línea Hy line W36 de 26 semanas de edad, menciona que el requerimiento de lisina para una máxima producción, masa de huevo ave/día y peso de huevo fue en un rango de 502 a 754 mg/ave/día siendo diferente a lo obtenido en este estudio ya que el consumo de lisina fue en un rango de 703 a 719mg/ave/día, y se guardo la relación de aminoácidos de acuerdo a lo que menciona Fuente et al <sup>(20)</sup>, por lo que se cree que puede ser otro aminoácido el que esté afectando el peso del huevo por otro lado en este experimento se utilizaron gallinas semi pesadas, por lo que los requerimientos de estos aminoácidos pueden ser diferentes para la línea genética, además que Harms lo realizó diez años atrás, los resultados obtenidos en porcentaje de producción con respecto a la lisina y metionina fueron similares a los obtenidos por Harms.

El orden limitante de los aminoácidos fue diferente en el tercer aminoácido limitante con Harms<sup>(28)</sup>, este autor menciona que el tercer aminoácido limitante es triptófano, el mismo autor en 1993 empleando gallinas Hy Líne W36 de 26 semanas de edad, menciona que el tercer aminoácido limitante podrían ser triptófano, treonina y arginina a diferencia de este estudio donde se encontró que treonina y valina podrían ser el tercer aminoácido limitante esto puede deberse a que este autor empleo dietas maíz-soya y en este estudio se emplearon dietas sorgo soya y que el maíz que el empleo era bajo en triptófano.

En 2012 Fuente *et al.* <sup>(20)</sup> realizaron un estudio con gallinas Hy-Line W36 y obtuvieron que las dietas con 13% de proteína cruda tuvieron el peor comportamiento productivo en comparación con una dieta con 16% de proteína cruda, las variables que estimaron fueron; porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia. La información de este estudio coincide en que el porcentaje de postura y peso de huevo fueron menores en las dietas con 13% de PC en comparación con la establecida para la estirpe con 17% de proteína cruda para el caso de las gallinas Isa Brown que utilizamos en este estudio. Pero sin embargo la disminución no fue

(24)

estadísticamente significativa lo cual podría ser que la dieta de 13% de PC, cumplió con el perfil de proteína ideal.

## **CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos, bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que el orden limitante de los aminoácidos en dietas sorgo-pasta de soya con 13% de proteína fue; lisina-metionina, treonina, valina y arginina.

Por otro lado la dieta con 13% de PC y la dieta con 17% PC con las recomendaciones de aminoácidos para la estirpe tuvieron un comportamiento muy similar para porcentaje de postura, por lo que el concepto de proteína ideal con dietas bajas en proteína puede ayudar a reducir la excreción de nitrógeno al medio ambiente y optimizar el comportamiento productivo de gallinas rojas.

## REFERENCIAS:

- 1) EL SITIO AVICOLA [página de internet] HARRIS CHRIS, W. C., *México entre los principales productores de alimentos balanceados*, abril 11 del 2011[citado octubre 15 2011]. Disponible desde URL: <http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/21630/mexico-entre-los-principales-productores-de-alimentos-balanceados>
- 2) UNION NACIONAL DE AVICULTORES. *Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2012*. Dirección de Estudios Económicos. México DF Febrero 2012.
- 3) ROSALES ME, *Uso de proteína ideal en gallina de postura*, (Tesis de Maestría en ciencias de la nutrición animal). Tepatitlan de Morelos (Jalisco) México 2005.
- 4) AMEZCUA MC. *Avances en nutrición de gallina de postura*. Ajinomoto Biolatina Industria e Comercio Ltda. México 2005.
- 5) CUCA GH, ÁVILA GE, Pro MA. *Alimentación de las aves*. 2ª Ed. México Universidad Autónoma de Chapingo, 2009.
- 6) BLAS BC, GONZALEZ MG. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. España Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.1991.
- 7) FUENTE MB, *Determinación de las necesidades de lisina, aminoácidos azufrados y treonina digestibles en gallinas de postura para la formulación de dietas con base al concepto de proteína ideal*, (Tesis de Maestría en ciencias), México D.F, febrero 2001.
- 8) BAKER DH, CHUNG TK. *Ideal protein for swine and poultry*. Fermex Technical review-4-USA: 1992.
- 9) PARSONS CM. *Amino acids digestibility's for poultry: feedstuff evaluation and requeriments*. Biokyowa Technical Review No.1. pp. 1\_15
- 10) BATTERHAM ES. *Availability and utilization of amino acids for growing pigs*. Nutr. Reset. Rev. 5:1-18
- 11) POND W.G *et al*. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2ª Ed. México Limusa Wiley 2004.
- 12) SCOTT M.L, NESHEIM M.C, YOUNG R.J. *Nutrition of the Chiken*, Cornell University 2008.

13) TEPOX PMA. *Empleo de diferentes niveles de energía metabolizable y aminoácidos azufrados en gallinas al inicio de la producción*, (tesis de licenciatura) México D.F, febrero 2010.

14) AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION [página de internet] *Ajinomoto Heartland, Inc., Productos*, Octubre 2012 [citado octubre 30 2012]. Disponible desde URL: <http://www.ajinomotomexico.com/default.aspx>

15)KHAJALI F,WIDEMAN RF. Dietary arginine: metabolic environmental,immunological and physiological interrelationships. *World's Poultry Sci Journal* 2010; 66:751-765.

16) CAMPOS A, SALGUERO S, ALBINO L, ROSTAGNO H. *Aminoácidos en la nutrición de pollo de engorda: Proteína Ideal*. Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Vicosa Brazil 2008.

17) FERNANDEZ S , AOYAGI S, Han Y, PARSON MC, BAKER HD. *Limiting order of amino acids in corn and soybean meal for growth of the chick*. *Poultry Sci* 1994; 73: 1887-1896.

18) KERR BJ. *Revisión crítica de la investigación sobre dietas bajas en proteína y suplementadas con aminoácidos para pollos de engorda*. Memorias del quinto ciclo de conferencias sobre a.a sintéticos. Fermex México, D.F., México 1993. p. 35-51.

19) ANON. *La gallinaza. ¿Un problema o un recurso económico?* Selecciones Avícolas. España: Mayo 2000.p. 265

20) FUENTE MB. *et al, Respuesta productiva de gallinas a dietas con diferentes niveles de proteína*, *Rev. Vet. Mex.* 44, 67-74 (2012).

21) GARCIA ME. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana*. México (DF): Talleres Offset Larios, 1998.

22) LEESON S, Ph.D, SUMMERS JD,Ph.D. *Commercial Poultry Nutrition* Third Edition, Department of Animal and Poultry Science University of Guelph, Ontario Canada

23) KUEHL OR. *Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. 2da edición, editorial Thompson. 2001, México D.F.

24) *A Hendrix Genetics Company, Nutrition Management Guide Commercial*, 2009-10 p: 14

25) ROSTAGNO HS. *Tablas brasileñas para aves y cerdos, composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. 3ª Edición, Universidad Federal de Vicosa, Departamento de Zootecnia, Brasil. 2011

26) JMP Inc. *JMP for Windows* (Computer program) version 8.0.0 jmpinc .

27) HARPER AE, *Amino acids balance and imbalance*, The Journal of Nutrition 405-418 1959.

28) HARMS RH, *A determination of the order of limitation of amino acids in a broiler breeder diet*, Florida USA, Poult Sci 1:410-414 1992.

29) HARMS RH, *Performance of commercial laying hens fed various supplemental amino acids in a corn-soybean meal diet*, Florida USA, Poult Sci 2:273-282 1993.

## CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Resultados de aminoácidos del sorgo y pasta de soya mediante la técnica de NIR (88% Materia Seca)

	Sorgo	Pasta de soya
Proteína Cruda (%)	8.5	45.2
Metionina (%)	0.132	0.563
Cistina (%)	0.128	0.565
Metionina+Cistina (%)	0.259	1.136
Lisina (%)	0.162	2.519
Treonina (%)	0.229	1.509
Triptofano (%)	0.082	0.548
Arginina (%)	0.273	3.065
Isoluecina (%)	0.298	1.813
Leucina (%)	1.023	3.046
Valina (%)	0.362	1.890
Histidina (%)	0.168	1.113
Fenilalanina (%)	0.393	2.043

Basado en el resultado de dos muestras analizadas en el laboratorio, cortesía de Evonik Degussa México, S. A. de C.V.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales empleadas para determinar el orden limitante de los aminoácidos en gallinas Isa Brown.

Ingrediente	Tratamientos					
	13%PC	Como 1 - Lys	Como 1 -	Como 1 -	Como 1 -	Tipo
	T1	y Met T2	Thr T3	Val T4	Arg T5	Manual T6
Sorgo	732.041	732.041	732.041	732.041	732.041	640.046
Pasta de soya	125.946	125.946	125.946	125.946	125.946	229.603
Carbonato de Calcio	105.156	105.156	105.156	105.156	105.156	99.463
Ortofosfato	12.204	12.204	12.204	12.204	12.204	11.647
Aceite vegetal	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	9.693
Sal	4.679	4.679	4.679	4.679	4.679	3.870
Antioxidante	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Pigmento rojo*	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Pigmento amarillo**	0.666	0.666	0.666	0.666	0.666	0.666
Cloruro de Colina	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
60%						
Vits y Mins.+	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
Bacitracina de zinc	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
DL-Metionina	2.690	0.000	2.690	2.690	2.690	2.062
L-LisinaHCl	3.579	0.000	3.579	3.579	3.579	0.368
L-Treonina	1.404	1.404	0.000	1.404	1.404	0.000
L-Valina	1.790	1.790	1.790	0.000	1.790	0.082
L-Arginina	1.869	1.869	1.869	1.869	0.000	0.000
L-Triptofano	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.000
Solkafloc	0.000	6.269	1.404	1.790	1.869	0.000
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000

\*Pigmento rojo vegetal (Avired Polvo) Colorante de origen vegetal 5g/kg capsicum

\*\*Pigmento amarillo vegetal (Avelut) Xantofilas amarillas 15g/kg

+Vit.A 3,833.000KUI,Vit.D<sub>3</sub> 1,500.00KUI,Vit.E 13,333.500mg,Vit.K<sub>3</sub> 1,333.275mg,Vit.B<sub>1</sub> 499.560 mg,Vit.B<sub>2</sub> 2,000.000mg, Vit.B<sub>6</sub> 1,000.400mg,Vit.B<sub>12</sub> 6,670mg,Nicotamida 15,000.00mg,Ac.pantotenico 3,332.700mg,Ac.folico 277.660mg,Biotina 40.00mg,Cloruro de colina 133,333.200mg,Cobre 3,333.350mg,Hierro 23,333.250mg,Manganeso 37,888.820mg,Yodo 333.400mg,Zinc 26,666.640mg,Selenio 100.000mg,Carbonato de calcio 370.000g,Aceite mineral 5.000g,cbp 1.000Kg



Cuadro 4. Resultados promedio semanales de los parámetros productivos en gallinas Isa Brown alimentadas con dietas bajas en proteína.

<b>Semana Experimental</b>	<b>Postura %</b>	<b>Peso promedio de huevo g.</b>	<b>Masa de huevo ave/día g.</b>	<b>Consumo de alimento g.</b>	<b>Conversión alimenticia Kg:Kg</b>
1	73.8	60.5	45	99	2.227
2	69.6	60.3	42	99	2.369
3	73.0	61.1	44	98	2.231
4	70.4	60.2	42	99	2.357
5	66.3	61.2	41	99	2.470
6	67.9	60.8	41	99	2.433
7	65.1	60.6	40	99	2.544
8	66.0	59.7	39	98	2.520
9	66.3	60.5	40	99	2.517
10	63.5	61.1	39	99	2.581
<b>Promedio</b>	68.2	60.6	41	99	2.425
<b>EEM</b>	0.83	0.23	0.54	0.20	0.03

Cuadro 5. Resultados promedio de las variables productivas en gallinas Isa Brown alimentadas con dietas bajas en proteína.

Tratamiento	Postura %	Peso del huevo g	Masa de huevo ave/día g	Consumo ave/día g	Conversión Alimenticia	Pérdida de peso g
1.-13%pc	70.8 <sup>a</sup>	60.8 <sup>c</sup>	43.6 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	2.320 <sup>d</sup>	-253.13 <sup>a</sup>
2.-Como Dieta 1-Lys +Met	63.9 <sup>d</sup>	58.1 <sup>e</sup>	37.9 <sup>d</sup>	99 <sup>a</sup>	2.672 <sup>a</sup>	-175.3 <sup>a</sup>
3.-Como Dieta 1 – Tre	65.7 <sup>c</sup>	60.6 <sup>d</sup>	39.6 <sup>c</sup>	99 <sup>a</sup>	2.514 <sup>b</sup>	-30.55 <sup>a</sup>
4.-Como Dieta 1 – Val	66.2 <sup>b</sup>	60.7 <sup>c</sup>	40.8 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	2.500 <sup>c</sup>	-170.06 <sup>a</sup>
5.-Como Dieta 1 – Arg	71.7 <sup>a</sup>	61.2 <sup>b</sup>	44.1 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	2.280 <sup>d</sup>	-105.79 <sup>a</sup>
6.- 17%PC, Tipo Manual	71.1 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	44.3 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	2.264 <sup>d</sup>	-109.38 <sup>a</sup>
EEM	0.82	0.23	0.54	0.20	0.035	

Diferente letra en columna indica que los tratamientos son distintos (P<0.05; tukey)

Cuadro 6. Consumo promedio de aminoácidos y la relación de los aminoácidos con respecto a la lisina (mg/gallina/día).

	Lisina	Met+ Cist	Treonina	Valina	Arginina
1.-13% PC	703 (100)	592 (84.2)	487 (69.2)	667 (94.8)	757 (107.6)
2.-Como 1 - Lys+ Met	<b>429</b> <b>(100)</b>	<b>327</b> <b>(76.2)</b>	488 (113.7)	667 (155.4)	758 (176.6)
3.-Como 1- Treo	709 (100)	597 (84.2)	<b>355</b> <b>(50.0)</b>	672 (94.7)	763 (107.6)
4.-Como 1- Val	709 (100)	597 (84.2)	491 (69.2)	<b>515</b> <b>(72.6)</b>	763 (107.6)
5.-Como 1- Arg	711 (100)	599 (84.2)	492 (69.2)	674 (94.7)	<b>582</b> <b>(81.8)</b>
6.- 17% PC(testigo)	719 (100)	620 (86.2)	513 (71.3)	680 (94.5)	891 (123.9)

Valores en paréntesis relación lisina: aminoácido %

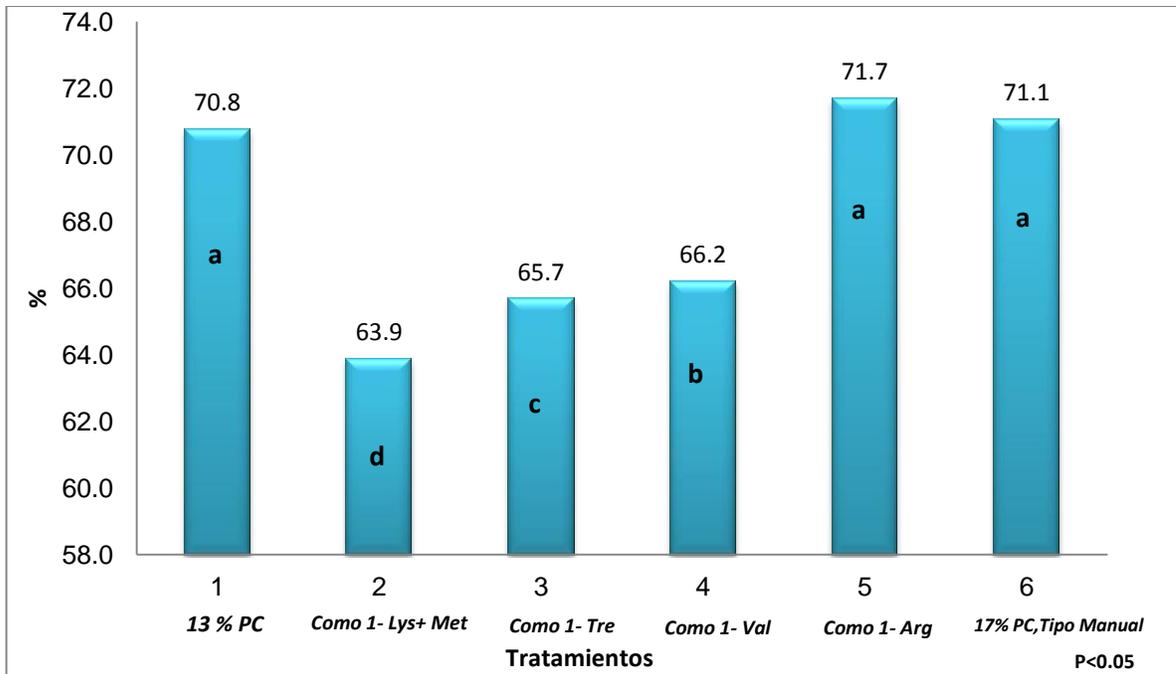


Figura 1. Resultados promedio del porcentaje de postura en 70 días de experimentación.

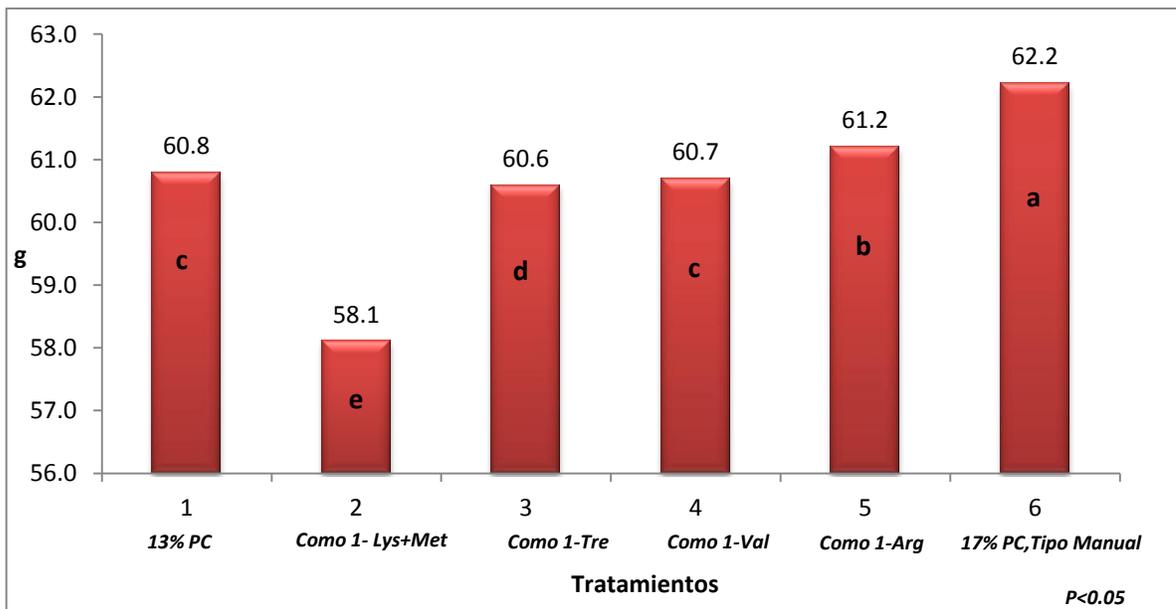


Figura 2. Resultados promedio del peso del huevo en 70 días de experimentación.

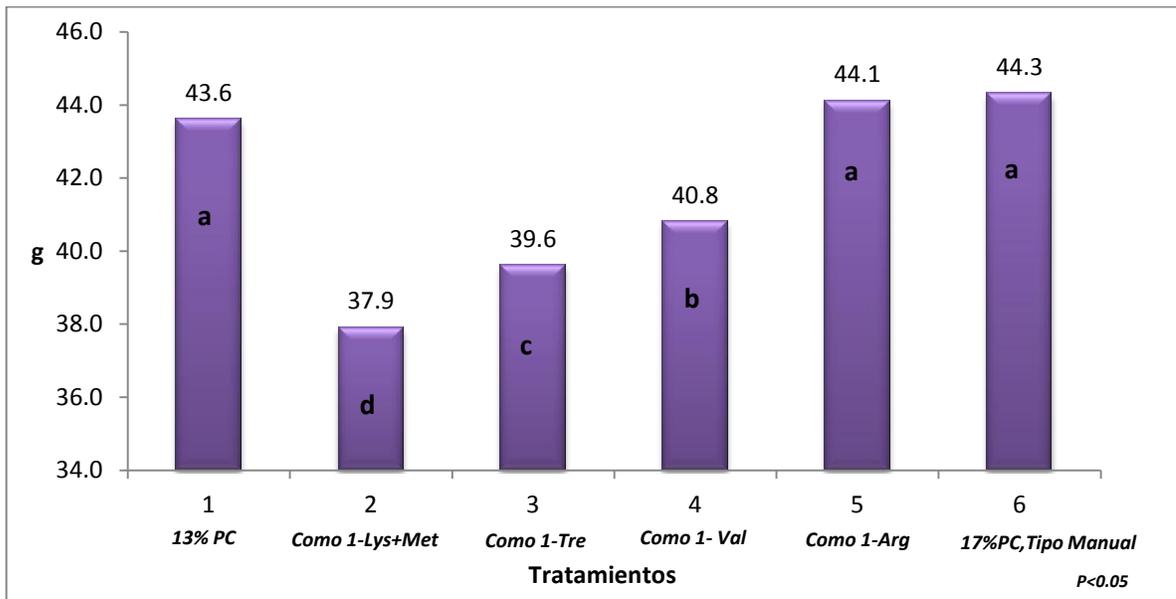


Figura 3. Resultados promedio de la masa de huevo en 70 días de experimentación.

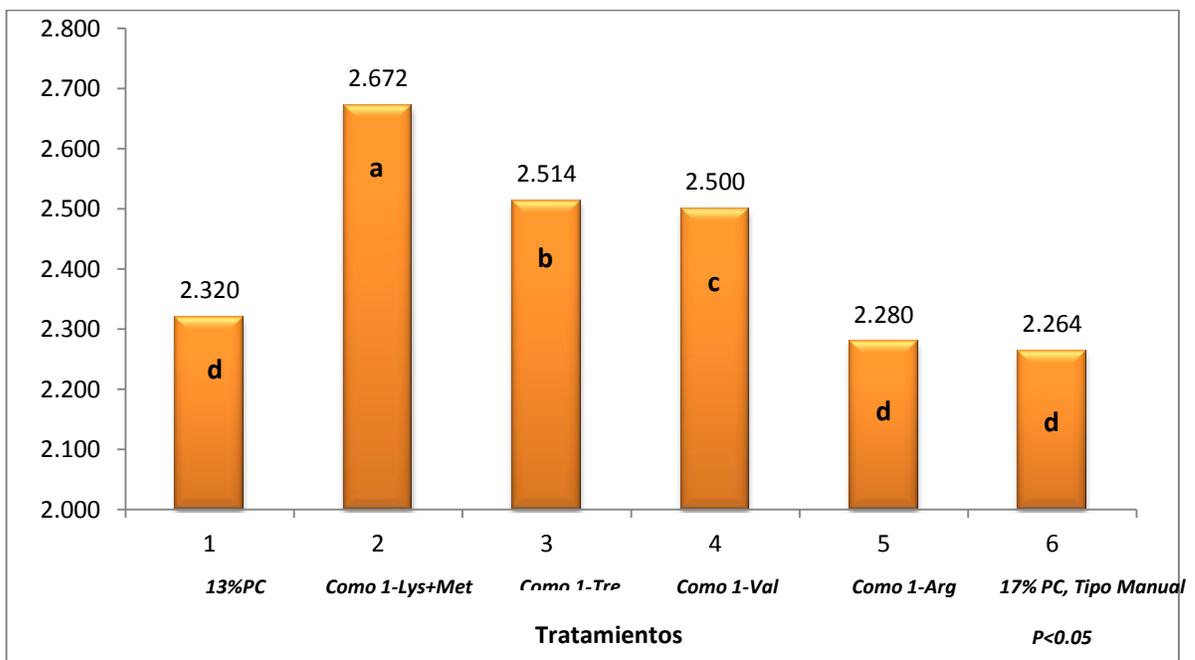


Figura 4. Resultados promedio de la conversión alimenticia en 70 días de experimentación.