

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



**EFFECTO DE GLUTAMINA Y ÁCIDO GLUTÁMICO EN LA DIETA DE
POLLOS DE ENGORDE SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y
ECONÓMICO**

TESIS

PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

RENZO DANILO CASTAÑEDA CUBAS

TRUJILLO, PERÚ
2016

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

M.V. Mg. Ciro Melendez Tamayo

PRESIDENTE

M.V. Jose Luis Villena Suarez

SECRETARIO

M.V. Mg. Juan Valdivia Pezantes

VOCAL

Ing. Dr. Wilson Castillo Soto
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Carlos y Marlyn, hermanos Giancarlo y Daniel, tia Magaly y mi abuela Mery que siempre estuvieron dispuestos a brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poco de todo lo inmenso que me han otorgado.

Con todo mi cariño para ustedes.

.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios Todo poderoso por bendecirme siempre y haberme permitido llegar hasta donde he llegado, sólo él pudo hacer realidad este anhelado sueño.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO, mi alma máter, por cobijarme en sus aulas todos estos años de formación y darme la oportunidad de crecer y ser un buen profesional.

A mis padres y a mi Tía Magaly por su amor, trabajo y apoyo en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos Giancarlo y Daniel por estar conmigo en todo momento y darme calma cuando más lo necesito.

A mis amigos Mardoni, Jam, Edgar por ser mi pequeña familia durante la carrera.

A Karla, por su apoyo incondicional, paciencia, y en especial por su gran cariño

INDICE

CARATULA	i
APROBACION POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE	v
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1. Fisiología Digestiva del ave	3
2.3. Metabolismo del ácido glutámico en el SNC	5
2.4. Glutamina	6
2.5. Efecto de la suplementación de glutamina en la salud intestinal..	8
2.6. Funciones de la glutamina en la nutrición animal	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Lugar de Estudio	12
3.2. Animales.....	12
3.3. Instalaciones.....	12
3.4. Alimentacion	12
3.5. Variable Independiente.....	16
3.6. Tratamientos.....	16
3.7. Variables a evaluar	16
3.8. Análisis estadístico	17
IV. RESULTADOS	18
4.1. Fase de inicio (1-14 días)	18
4.2. Fase de crecimiento (14-35 días)	19
4.3. Fase de acabado (35-42 días) y fase total (0-42 días)	20

4.4. económico de la crianza (1- 42 días).....	23
V. DISCUSIÓN	24
VII. RECOMENDACIONES	27
VIII.BILIOGRAFÍA.....	28

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase inicial (1 a 14 días de edad)	13
Cuadro 2. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase de crecimiento (15 a 35 días de edad).....	14
Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase de acabado (36 a 42 días de edad)	15
Cuadro 4. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de inicio (1 – 14 días) ¹	18
Cuadro 5. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de crecimiento (14 – 35 días) ¹	19
Cuadro 6. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de crecimiento (14 – 35 días) ¹	20

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Pesos vivos promedios (g) de los pollos de engorde durante la etapa de crianza (0-42 días de edad).	21
Figura 2. Ganancia de peso diaria (g) de los pollos de engorde durante la crianza (0-42 días).	22

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del uso de glutamina y ácido glutámico en la dieta de pollos de engorde sobre el rendimiento productivo y la rentabilidad de la crianza, se utilizaron 96 pollos de engorde machos de la línea Cobb500, de 0 días de edad, con peso inicial promedio de 43.5 g, evaluados por 42 días en 3 fases: inicio (0- 14 días), crecimiento (14-35 días) y acabado (35-42 días); Las aves fueron distribuidas a través de un diseño completamente al azar en tres tratamientos (0, 0.2 y 0.4% de inclusión de glutamina y ácido glutámico en la dieta durante las fase de inicio y crecimiento) y cuatro repeticiones. Las dietas fueron formuladas para atender las necesidades nutricionales de las aves en cada etapa teniendo el mismo valor nutricional y energetico. Los resultados fueron analizados a través del análisis de varianza y los promedios comparados por la prueba de Tukey.

Las diferencias significativas se notaron en la fase de inicio entre los días 7–14 y la fase de crecimiento entre los días 28-35, en ganancia de peso y conversión alimenticia sin afectar el consumo de alimento, gracias a esto se consiguió una mayor rentabilidad debido al mayor beneficio bruto en los pollos suplementados. Estos resultados permitieron concluir que uso de glutamina y acido glutámico en dietas de pollos de engorde en niveles de 0.2% y 0.4% mejora el rendimiento productivo y económico.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the use of glutamine and glutamic acid on the broiler diet on the productive yield and the profitability of the breeding, 96 male broilers of the Cobb500 line, of 0 days of age with Average initial weight of 43.5 g, evaluated for 42 days in 3 phases: onset (0-14 days), growth (14-35 days) and finishing (35-42 days); Broilers were distributed through a completely randomized design in three treatments (0, 0.2 and 0.4% inclusion of glutamine and glutamic acid in the diet during the onset and growth phases) and four replicates. The diets were formulated to meet the nutritional needs of broiler chickens at each stage, having the same nutritional and energetic value. The results were analyzed through analysis of variance and the means compared by the Tukey test.

Significant differences were observed in the onset phase between days 7-14 and the growth phase between days 28-35, in weight gain and feed conversion without affecting feed intake, thus achieving a higher profitability due to To the highest gross profit in the supplemented chickens. These results allowed to conclude that the use of glutamine and glutamic acid in broiler diets at levels of 0.2% and 0.4% improves productive and economic yield.

I. INTRODUCCION

En la crianza de aves, el costo más alto para producir un kilogramo de pollo es el alimento, que puede llegar hasta 60-80% del costo total; por lo tanto, las raciones deben formularse para aportar el balance correcto de energía, proteína y aminoácidos, minerales, vitaminas y ácidos grasos esenciales, para permitir el crecimiento y rendimiento óptimos y disminuir los costos elevados. Considerando que la elección de los niveles de nutrientes en la dieta es una decisión económica que cada compañía lo asume; entonces, la clave está en cómo alimentar los pollos de manera inteligente con el menor costo de producción posible. Esto es especialmente importante en lo que se refiere a proteína y aminoácidos; se ha demostrado, también, que niveles elevados de aminoácidos digestibles mejoran la rentabilidad al aumentar el desempeño de los pollos, particularmente su rendimiento en canal (Rubín y otros, 1996)

Por otro lado, el avance científico y tecnológico relacionado al mejoramiento genético y la nutrición aviar ha permitido que los pollos de carne alcancen fisiológicamente más temprano el peso corporal al mercado, conllevando a que la primera semana represente una alta proporción (20%) del ciclo de vida (Nitsan, Dunnington, Siegel, 1991). Se sabe que el tracto gastrointestinal de las aves de corral se somete a un proceso de maduración post-natal que puede afectar significativamente el rendimiento. Los procesos de desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI) del pollo de engorde se producen principalmente en las dos primeras semanas de vida, lo que representa aproximadamente el 30 % de la vida útil de estas aves. Por esta razón, muchos investigadores han tratado de ampliar el conocimiento de estos procesos de adaptación, con el fin de proporcionar un mejor manejo nutricional en esta fase crítica de la vida del ave (Rubín y otros, 1996).

La principal vía para controlar el desarrollo y función del TGI es a través de la dieta, vista no solamente como una fuente de nutrientes, sino como un regulador de los procesos fisiológicos. Así, la finalidad de una dieta es evitar la competencia y el gasto metabólico por el movimiento de moléculas desde otros compartimientos corporales para el metabolismo del TGI (Reeds y Burrin, 2001).

Esta forma de mejorar la productividad de los pollos de engorde depende de la importancia de algunos aminoácidos como glutamina, glutamato y aspartato, y su participación en diversas rutas metabólicas en el TGI. Por lo tanto, el desarrollo de la mucosa intestinal depende tanto de factores endógenos y exógenos (Reeds y Burrin, 2001).

Varios estudios han demostrado la influencia de la adición de nutrientes en la dieta sobre los mecanismos de regulación que se activan en los enterocitos para la adaptación celular a la síntesis de proteínas que actúan como enzimas digestivas o portadores de monómeros en la membrana, facilitando así la absorción de nutrientes (Reeds y Burrin, 2001).

Por lo anterior mencionado, el presente trabajo fue desarrollado con el objetivo de evaluar el efecto del uso de glutamina y ácido glutámico en la dieta sobre el rendimiento productivo y la rentabilidad de la crianza

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Fisiología Digestiva del ave

El aparato gastrointestinal de las aves comprende desde el pico y la cavidad oral hasta la cloaca. Su principal función es ingerir los alimentos, desdoblarlos (por medios mecánicos, químicos y enzimáticos) para extraer y absorber los nutrientes (Tavernari y otros, 2009).

El aparato gastrointestinal (AGI) al estar abierto y en contacto con el exterior, su exposición a múltiples antígenos, agentes patógenos (infecciones o tóxicos) es continua y por eso está en un estado constante de reacción e inflamación; por lo cual, las células que integran al aparato gastrointestinal al estar abierto y en contacto se han diferenciado para efectuar diferentes funciones específicas. Las células que los recubren forman una superficie semipermeable que selectivamente permite el paso de líquidos, electrolitos y nutrientes disueltos. También forman parte de una barrera física natural ininterrumpida que sirve para restringir el acceso de agentes patógenos al intestino y por consiguiente al resto del organismo. Esta integridad se interrumpe cuando los agentes patógenos (bacterias, virus, protozoarios, etc.) o tóxicos dañan las células del epitelio intestinal (Cervantes, 2011).

El epitelio gastrointestinal está en un constante estado de renovación en el que las células más viejas se desprenden de la superficie del epitelio dentro del lumen intestinal para ser reemplazadas por las células nuevas mediante un proceso de regeneración en el que las células nuevas se diferencian para asumir las funciones de las células desechadas. En comparación con los mamíferos, el tubo intestinal aviar es relativamente más pequeño en relación al peso corporal, ya que ha tenido que adaptarse para el vuelo. Esto está compensado con una mayor

irrigación sanguínea, una secreción gástrica más alta, un tránsito digestivo más rápido y una acidez mayor que la de los mamíferos. Además, el intestino de las aves tiene una densidad más alta de microvellosidades intestinales y un ritmo de reciclado epitelial más rápido que el de los mamíferos. Igualmente, la respuesta inflamatoria a las agresiones entéricas es más rápida; en las primeras 12 horas, en vez de los 3 o 4 días de los mamíferos. Esto hace que las aves sean más susceptibles que los mamíferos a los trastornos que afectan la capacidad de absorción intestinal (Hoer, 2009).

El tracto gastrointestinal tiene como principal objetivo la degradación y absorción de nutrientes necesarios para mantenimiento, crecimiento y reproducción. Se caracteriza como un ambiente dinámico constituido de interacciones complejas entre el contenido presente en el lumen intestinal, microorganismos y las células epiteliales de absorción, las cuales proporcionan protección física y de defensa inmune (Tavernari y otros, 2009).

2.2. Agentes tróficos y salud intestinal

La mucosa intestinal se renueva más rápido que la mayoría de los tejidos corporales. Esta renovación o turnover está definida por procesos de proliferación, migración y apoptosis (muerte celular programada) de las células epiteliales, los cuales son afectados por el status nutricional del animal y por compuestos específicos de la dieta (Ziegler, 2003). Dentro de estos últimos se encuentran los agentes tróficos. Estas sustancias estimulan el desarrollo de la mucosa intestinal, o sea, favorecen el proceso mitótico en la región cripta-vilo, determinando el aumento de la cantidad de DNA y del número de enterócitos (Maiorka y otros, 2002). Cuanto mayor es el número de células, mayor será el tamaño de la vellosidad y, consecuentemente, mayor el área disponible para la

absorción de nutrientes (Dibner y Richards, 2004). Actualmente, muchos de estos agentes son adicionados a las dietas para monogástricos con el objetivo de preservar y mejorar la integridad de la mucosa intestinal (Young y Ajami, 2001; Hulsewé, 2004). Entre las sustancias que poseen acción trófica se destacan las poliaminas biógenas (espermidina y espermina), prebióticos, probióticos, hormonas, péptidos y aminoácidos (AA), como la arginina y glutamina (Hulsewé, 2004).

2.3. Metabolismo del ácido glutámico en el SNC

El ácido glutámico cumple la mayoría de los criterios para ser considerado como neurotransmisor, Se localiza en vesículas presinápticas, se ha demostrado su liberación cuando se estimulan las terminales axónicas, se han caracterizado receptores específicos que responden al ácido glutámico tanto en la membrana pre como en la postsináptica, existen mecanismos para removerlo de la hendidura sináptica. Esta molécula se encuentra ampliamente distribuida en las neuronas y en la glía y, además, se involucra en actividades consideradas no sinápticas. Es necesario tener en cuenta que en las células gliales se convierte en glutamina, mientras que en las células gabaérgicas (en el caso de la corteza cerebral están en estrecha relación con las células glutamatérgicas piramidales), por acción de la enzima que descarboxila al ácido glutámico (GAD), se convierte en el neurotransmisor GABA. La glucosa sérica es el precursor más importante para la síntesis de ácido glutámico en el sistema nervioso; pues ingresa a éste luego de atravesar el endotelio vascular y la interfase (constituida por los pies de los astrocitos que rodean los capilares sanguíneos). Por lo tanto, la captura de glucosa se realiza por la acción de los transportadores de la familia GLUT, los cuales se expresan tanto en las células endoteliales como en los astrositos. Además, se ha comprobado que debido a la acción de estos astrocitos la glucosa se convierte en lactato, el cual se libera en el

líquido extracelular, luego las neuronas lo captan. Las neuronas, por otra parte, convierten el lactato en piruvato y a éste en acetilCoA, el cual ingresa al ciclo del ácido tricarboxílico, donde se une con el oxaloacetato para formar citrato. Éste pasa luego, sucesivamente, a isocitrato y a alfa-cetoglutarato, el cual puede ser transaminado a glutamato por transaminasas como la aspartato aminotransferasa y la alanina aminotransferasa (Ottersen y Matisen, 2000).

En los astrocitos que rodean los cuerpos de las neuronas, es decir, los de localización en la sustancia gris y en los oligodendrocitos, el glutamato se convierte en glutamina por acción de la enzima glutamina sintetasa (Ottersen y Matisen, 2000).

Una vez el glutamato ha sido liberado en la sinapsis hay que removerlo de la hendidura para limitar su acción en el tiempo. Existen dos alternativas para manipular este glutamato: primero, que sea capturado por los astrocitos. Segundo, que sea capturado por las terminales nerviosas y en las mitocondrias, organelas que abundan en estas estructuras, transaminado por aminotransferasas o deaminado por la glutamato deshidrogenasa y convertido entonces a alfa-cetoglutarato, que es oxidado sucesivamente a succinato, fumarato y malato. Este último puede ser descarboxilado a lactato, de manera que el glutamato de la neurotransmisión puede ser fuente de lactato (Ottersen y Matisen, 2000).

2.4. Glutamina

El La glutamina es un aminoácido neutro. Es sintetizada a partir del amoníaco y del glutamato (un producto de la transaminación de aminoácidos ramificados, como el α -cetoglutarato) primariamente en el músculo esquelético. La placenta también es uno órgano importante para la síntesis de glutamina durante la gestación (Self y otros, 2004). Entre

tanto, nuevas evidencias sugieren que la síntesis endógena de glutamina puede no ser suficiente para suplir las exigencias de animales en condiciones de estrés, como destete, sepsis, transporte y ejercicio, o durante el período de crecimiento rápido de los tejidos (Wu y Thompson, 1990; Li y otros, 2007). Por consiguiente, se ha clasificado a la glutamina como un aminoácido condicionalmente esencial. Además de su utilización para la síntesis de proteína, la glutamina es degradada por la glutaminasa para formar glutamato en todas las células animales que contienen mitocondrias, siendo el intestino delgado, los riñones y los leucocitos sus principales sitios de catabolismo (Wu, 1998).

La glutamina, junto con el glutamato, generalmente está presente en concentraciones relativamente altas en proteínas vegetales y animales (Wu y Knabe, 1994). La glutamina libre es especialmente abundante en diversos fluidos fisiológicos, como el plasma (0,5-1 mM), músculo esquelético (5025mM), leche de la hembra porcina (3.5 mM en el 28° día de lactación; y fluido alantoide ovino (25 mM en el 60° día de gestación) (Wu y otros, 2006). Este aminoácido presenta versatilidad en el metabolismo y en la fisiología (Curi y otros, 2005). Sin embargo, los potenciales beneficios de la glutamina en la producción animal no se habían notado antes porque su uso en la suplementación dietética había recibido poca atención. Descubrimientos recientes en estudios realizados con lechones, pollos de engorde y terneros, sobre las funciones cruciales de la glutamina en la mejora de la función inmune, de la salud intestinal y del desempeño zootécnico, estimularon el interés de los nutricionistas de animales sobre las aplicaciones prácticas de la glutamina en la producción animal (Li y otros, 2007).

En algunas especies con lesiones inflamatorias, la glutamina ayuda al sistema inmune, promoviendo la producción de linfocitos. Algunas investigaciones realizadas en cerdos y pollos, han demostrado

que la suplementación a las dietas mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia. La glutamina, promueve el crecimiento, ya que mejora la integridad de las microvellosidades intestinales, dando como resultado una mayor digestión y absorción de nutrientes (Yi y otros, 2005).

Este aminoácido también ejerce múltiples funciones relacionadas con la síntesis de las proteínas: es un precursor de los elementos que entran en la composición del ADN celular, regula ciertas síntesis hepáticas y participa en los procesos de desintoxicación. Las células de la mucosa intestinal utilizan la glutamina como fuente de energía. Un escaso aporte asociado a una gran demanda en el caso de los animales en fase crítica puede afectar a la integridad de la barrera intestinal. Un suplemento de glutamina puede ser interesante para reducir el riesgo de atrofia de las vellosidades y durante la convalecencia tras un episodio de trastornos digestivos (Bartel y Batal, 2007).

2.5. Efecto de la suplementación de glutamina en la salud intestinal

Desde el punto de vista nutricional, la glutamina es clasificada como un aminoácido neutro no esencial pues es sintetizado por el animal en cantidades suficientes para satisfacer las demandas metabólicas. No obstante, bajo diferentes condiciones de desafío (procesos inflamatorios o subnutrición) donde las alteraciones de las exigencias nutricionales provocan un aumento en el catabolismo proteico, la Gln puede ser considerada como un AA condicionalmente esencial, o sea, debe ser suplementado en la dieta para el adecuado atendimento de las demandas fisiológicas durante este período (Zou y otros, 2006).

El efecto de la Gln es más evidente cuando sus reservas corporales se agotan o sufren depleción durante lesiones o enfermedades de tipo inmunológico (Mandir y Goodlad, 1999). La suplementación de

Gln, durante el período de realimentación en pacientes sometidos a períodos prolongados de ayuno, aumentó la regeneración de la mucosa intestinal y mejoró la absorción intestinal de nutrientes (Wernerman y Hammarqvist, 1999). Adicionalmente, durante diversos estados de estrés, la suplementadas de Gln reduce la incidencia de translocación bacterial al disminuir la adherencia de bacterias al enterócito (Mateos, 2002)

Bajo condiciones de catabolismo proteico elevado (infección, lesiones de la mucosa intestinal, inicio de la lactación, subnutrición o ayuno), donde el uso y repartición de los nutrientes son alterados, la Gln puede actuar como un regulador metabólico de la síntesis y la degradación proteica. Durante estas condiciones hay una reducción de la concentración intracelular de Gln, atrofia de la mucosa intestinal y aumento de la degradación proteica, la cual es causada por una cascada de eventos neurales y hormonales que culminan con la gran liberación de glucocorticoides, principalmente corticoesterona en aves. Estas concentraciones elevadas de glucocorticoides aumentan la proteólisis en el músculo y provocan retraso en el crecimiento (Lobley, 2001)

En un estudio con ratones sometidos a ayuno, relataron que la suplementación de 2% de Gln en la dieta aumentó la ganancia de peso durante el período de realimentación y aumentó la altura de las vellosidades de los diferentes segmentos intestinales (Tannuri, 2000). De manera similar, se observó que la suplementación de 1% de Gln afectó positivamente la altura de las vellosidades intestinales de pollitos a los 7 días de edad (Maiorka y otros, 2000). También se observó que la suplementación de 1% de glutamina además de aumentar la longitud de las vellosidades del duodeno y yeyuno a los 7, 14 e 21 días de edad, produjo un aumento de 11% en la ganancia de peso en las aves suplementadas a los 21 días de edad (Bartell y Batal 2007). En otro

estudio, se suplementó 0; 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0% de Gln en dietas para pollo de engorde por 6 semanas, observándose que 1% de glutamina mejoró el peso corporal, ganancia de peso y conversión alimenticia. Las aves suplementadas tuvieron un peso relativo intestinal mayor y una vellosidad mas larga (Soltan ,2009)

2.6. Funciones de la glutamina en la nutrición animal

La glutamina es el substrato energético más importante para las células de división rápida, como enterocitos y linfocitos, y otros tipos de células, como macrófagos y células renales, suministrando ATP para el turnover de la proteína intracelular, transporte de nutrientes a través de la membrana plasmática, crecimiento y migración celular, así como para el mantenimiento de la integridad de la célula (Li y otros, 2007).

En especial, la formación de amoníaco a partir de la glutamina es vital para la regulación del equilibrio ácido-básico de los animales. Este aminoácido también es precursor de la síntesis de los nucleótidos purina y pirimidina, esenciales para la proliferación de células, incluyendo los linfocitos intraepiteliales, células embrionarias y trofoblastos (Curi y otros, 2005).

Además, la glutamina es necesaria para la síntesis de N-acetilglucosamina-6-fosfato, un substrato común para la síntesis de glicoproteínas que son especialmente abundantes en las células de la mucosa intestinal. Como substrato del glutamato, la glutamina actúa en la síntesis de glutatióna, el antioxidante de bajo peso molecular más abundante en las células. La glutamina aumenta la expresión de genes relacionados al metabolismo de nutrientes y a la supervivencia de las células (Curi y otros, 2005). Estos genes incluyen la ornitina descarboxilasa, proteínas del choque térmico y de la síntesis de óxido

nítrico. La ornitina descarboxilasa en particular es una enzima clave para la síntesis de poliaminas que estimulan la síntesis de ADN y de proteína; las proteínas del choque térmico son esenciales para proteger las células de la muerte y la síntesis del óxido nítrico convierte arginina en ácido nítrico, una molécula de señalización que regula prácticamente todas las funciones celulares. Además, la glutamina aumenta la actividad de la meta de rapamicina en mamíferos (mTOR - mammalian Target Of Rapamycin), una proteína-quinasa que regula la síntesis intracelular de proteína (Curi y otros, 2005). Por lo tanto el aumento de la concentración extracelular de glutamina estimula la síntesis proteica e inhibe la proteólisis en el músculo esquelético de los animales, incluyendo aves. Finalmente, la glutamina estimula la secreción de hormonas anabólicas, como insulina y hormona del crecimiento, e inhibe la producción de hormonas catabólicas, como los glicocorticoides, favoreciendo por lo tanto, la deposición proteica y el crecimiento celular en los animales (Wu y Thompson, 1990).

La interconversión de glutamina y glutamato constituye un ciclo intracelular o entre órganos de glutamina-glutamato en los animales. Bioquímicamente, el glutamato puede desempeñar muchas funciones en lugar de la glutamina (producción de ATP, síntesis de arginina y síntesis de glutatona en el epitelio celular del intestino delgado). Por otra parte, el glutamato inhibe la degradación de glutamina por la glutaminasa mitocondrial fosfato-dependiente en los tejidos extrahepáticos y en las células. No obstante, el glutamato no puede realizar algunas funciones claves de la glutamina, como por ejemplo, la síntesis de glucosamina, la síntesis de nucleótidos, la activación del mTOR y la regulación de la expresión de la ornitina descarboxilasa (Curthoys y Watford, 1995) en función a la adición de la glutamina (Maiorka y otros, 2000; Sakamoto y otros, 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación Agropecuaria de la Universidad Privada Antenor Orrego. Provincia de Trujillo, Región La Libertad.

3.2. Animales

Se utilizaron 96 pollos BB machos de la línea Cobb 500 de un día de nacidos, los mismos que fueron alojados en corrales donde recibieron los tratamientos, así como similares condiciones de ambiente y manejo.

3.3. Instalaciones

Se utilizó un galpón de pollos construido a base de concreto, laterales de malla, postes de madera y techo de planchas de fibra; en el interior del cual se instalaron corrales de 1.0 m² confeccionados con malla de pescador y cama de pajilla de arroz donde se colocaron los pollos al momento de la recepción.

3.4. Alimentación

Las dietas fueron ofrecidas según las necesidades nutricionales para cada fase de crianza: inicio (0 - 14 días), crecimiento (15 - 35 días) y acabado (35 - 42 días). La formulación del alimento se realizó de acuerdo a las recomendaciones del manual de manejo de Cobb 500 (Cobb Vantres, 2005) y las Tablas Brasileñas para pollos y cerdos (Rostagno y otros, 2011). La adición de glutamina y ácido glutámico fue solo en fase de inicio y crecimiento.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase inicial (1 a 14 días de edad)

Ingredientes	Niveles de inclusion de Glutamina y Acido glutamico (%)		
	0	0.2	0.4
Maiz nacional costa	56.49	56.29	56.09
Aminogut ¹	0.0	0.20	0.40
Soya H de 46%	28.11	28.11	28.11
Soya integral extruida	10.00	10.00	10.00
Aceite crudo de soya	0.99	0.99	0.99
Carbonato de Calcio 35%	0.99	0.99	0.99
Fosfato bicalcico	1.81	1.81	1.81
Sal común	0.30	0.30	0.30
Bicarbonato de Sodio	0.21	0.21	0.21
MHA Metionina	0.36	0.36	0.36
Lisina HCL	0.25	0.25	0.25
L Treonina	0.13	0.13	0.13
Colina	0.10	0.10	0.10
Vitaminas	0.10	0.10	0.10
Atrapador de Micotoxinas	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05
Antimicrobiano	0.01	0.01	0.01
Valor Nutricional			
PB, %	21.30	21.300	21.300
EM, kcal/kg	2,950.000	2,950.000	2,950.000
Ca, %	0.920	0.920	0.920
P disponible, %	0.460	0.460	0.460
Lis, %	1.200	1.200	1.200
Met, %	0.864	0.864	0.864
Treo, %	0.796	0.796	0.796

¹ Aminogut: glutamina y ácido glutámico

Cuadro 2. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase de crecimiento (15 a 35 días de edad)

Ingredientes	Niveles de inclusion de Glutamina y Acido glutámico (%)		
	0	0.2	0.4
Maiz nacional costa	58.04	57.84	57.64
Aminogut ¹	0.0	0.20	0.40
Soya H de 46%	23.7	23.7	23.7
Soya integral extruida	12.00	12.00	12.00
Aceite crudo de soya	2.29	2.29	2.29
Carbonato de Calcio 35%	0.89	0.89	0.89
Fosfato bicalcico	1.51	1.51	1.51
Sal común	0.32	0.32	0.32
Bicarbonato de Sodio	0.19	0.19	0.19
MHA Metionina	0.32	0.32	0.32
Lisina HCL	0.22	0.22	0.22
L Treonina	0.10	0.1	0.1
Colina	0.10	0.10	0.10
Vitaminas	0.10	0.10	0.10
Atrapador de Micotoxinas	0.06	0.06	0.06
Pigmentante	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05
Antimicrobiano	0.01	0.01	0.01
Valor Nutricional			
PB, %	20.000	20.000	20.000
EM, kcal/kg	3,080.000	3,080.000	3,080.000
Ca, %	0.800	0.800	0.800
P disponible, %	0.400	0.400	0.400
Lis, %	1.100	1.100	1.100
Met, %	0.803	0.803	0.803
Treo, %	0.732	0.732	0.732

¹ Aminogut: glutamina y ácido glutámico

Cuadro 3. Composición porcentual y nutricional de las dietas para pollos de engorde en la fase de acabado (36 a 42 días de edad)

Ingredientes	Niveles de inclusion de Glutamina y Acido glutámico (%)		
	0	0.2	0.4
Maiz nacional costa	61.2	61.2	61.2
Aminogut ¹	0.0	0.0	0.0
Soya H de 46%	13.94	13.94	13.94
Soya integral extruida	20.00	20.00	20.00
Aceite crudo de soya	1.30	1.30	1.30
Carbonato de Calcio 35%	0.80	0.80	0.80
Fosfato bicalcico	1.27	1.27	1.27
Sal común	0.29	0.29	0.29
Bicarbonato de Sodio	0.19	0.19	0.19
MHA Metionina	0.28	0.28	0.28
Lisina HCL	0.20	0.20	0.20
L Treonina	0.10	0.10	0.10
Colina	0.10	0.10	0.10
Vitaminas	0.10	0.10	0.10
Atrapador de Micotoxinas	0.07	0.07	0.07
Pigmentante	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05
Antimicrobiano	0.01	0.01	0.01
Valor Nutricional			
PB, %	18.500	18.500	18.500
EM, kcal/kg	3,150.000	3,150.000	3,150.000
Ca, %	0.700	0.700	0.700
P disponible, %	0.350	0.350	0.350
Lis, %	1.000	1.000	1.000
Met, %	0.730	0.730	0.730
Treo, %	0.680	0.680	0.680

¹ Aminogut: glutamina y ácido glutámico

3.5. Variable Independiente

Uso de glutamina y ácido glutámico

3.6. Tratamientos

DG0: Dieta sin glutamina y ácido glutámico (control)

DG2: Dieta con adición de glutamina y ácido glutámico en 0.2%

DG4: Dieta con adición de glutamina y ácido glutámico en 0.4%

La glutamina y el ácido glutámico utilizado fue bajo el nombre comercial de aminogut de la empresa Ajinomoto.

3.7. Variables a evaluar

- Ganancia de peso (g)
- Consumo de alimento (g)
- Conversión alimenticia
- Beneficio económico, S/.

El beneficio neto para cada tratamiento fue estimado según la siguiente fórmula:

$$BN = PY - CV - CF,$$

Donde:

BN = Beneficio Neto

P = Precio del kg de pollo

Y = Peso de cada pollo

CV = Costos variables

CF = Costos fijos.

3.8. Análisis estadístico

Las aves fueron distribuidas a través de un diseño completo al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, cada unidad experimental consto de 8 aves.

El modelo lineal aditivo será:

$$Y_{ij} = u + T_i + e_{ij}, \quad \text{donde:}$$

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

u = Promedio general

T_i = Efecto del nivel del afrecho de trigo en la dieta

e_{ij} = Error experimental.

Los resultados de cada variable fueron comprobados a través del Análisis de varianza y los promedios comparados a través de la prueba de Tukey (Stell y Torrie, 1992).

IV. RESULTADOS

4.1. Fase de inicio (1-14 días)

El cuadro 4 se muestra el comportamiento productivo de los pollos sometidos a diferentes tratamientos durante la fase de inicio (1-14 días) donde se observan que a los 7 días no hubo variación significativa ($P > 0.05$) entre tratamiento; mientras que, en la fase de 7 - 14 los animales que tuvieron adición de glutamina mostraron significativamente ($P < 0.05$) mayor ganancia de peso y conversión alimenticia.

Cuadro 4. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de inicio (1 – 14 días)¹.

Nivel de glutamina (%)	Ganancia diaria de peso (g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
0-7 días			
0.0	17.21 a	33.26 a	1.95 a
0.2	17.97 a	34.68 a	1.94 a
0.4	18.14 a	34.45 a	1.90 a
SEM ²	0.80	0.92	0.06
7-14 días			
0.0	37.30 b	51.61 a	1.38 a
0.2	40.86 ab	52.97 a	1.30 ab
0.4	44.45 a	53.92 a	1.21 b
SEM ²	1.42	0.87	0.03

¹ Para cada variable, promedios seguidos de letras diferentes en la columna, difieren entre si por la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

² SEM: Error estándar del promedio

4.2. Fase de crecimiento (14-35 días)

El comportamiento productivo de los pollos durante la fase de crecimiento (14 – 35 días) es mostrado en el cuadro 5, donde se observa que solo en la fase 28 -35 los animales que recibieron dieta con adición de glutamina (0.2% y 0.4%) mostraron mayor ganancia de peso y conversión alimenticia ($P<0.05$).

Cuadro 5. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de crecimiento (14 – 35 días)¹.

Nivel de glutamina (%)	Ganancia diaria de peso (g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
14-21 días			
0.0	79.98 a	107.14 a	1.34 a
0.2	78.26 a	107.14 a	1.39 a
0.4	81.73 a	106.87 a	1.32 a
SEM ²	4.14	0.10	0.08
21-28 días			
0.0	103.27 a	161.14 a	1.57 a
0.2	111.83 a	160.24 a	1.44 a
0.4	119.77 a	160.95 a	1.36 a
SEM ²	6.25	7.85	0.78
28-35 días			
0.0	111.38 b	161.26 a	1.46 a
0.2	131.41 a	168.66 a	1.29 ab
0.4	132.59 a	161.23 a	1.22 b
SEM ²	4.98	2.68	0.06

¹ Para cada variable, promedios seguidos de letras diferentes en la columna, difieren entre si por la prueba de Tukey ($P<0.05$).

² SEM: Error estándar del promedio

4.3. Fase de acabado (35-42 días) y fase total (0-42 días)

En el cuadro 6 de la fase de acabado (35-42 días) no se observa variación significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero podemos notar en nuestros datos Totales (0-42 días) que los animales con suplementación de glutamina muestran mayor significancia en ganancia de peso y conversión alimenticia.

Cuadro 6. Comportamiento productivo de pollos de engorde durante la fase de crecimiento (14 – 35 días)¹.

Nivel de glutamina (%)	Ganancia diaria de peso(g)	Consumo diario de alimentos (g)	Conversión alimenticia
35-42 días			
0.0	52.68 a	223.21 a	4.31 a
0.2	54.53 a	223.21 a	4.22 a
0.4	59.15 a	223.21 a	3.92 a
SEM ²	5.71	0.0	0.38
Fase total			
0.0	66.97 a	122.94 a	1.84 a
0.2	72.48 b	124.49 a	1.72 b
0.4	75.97 c	123.44 a	1.63 c
SEM ²	0.89	0.43	0.02

¹ Para cada variable, promedios seguidos de letras diferentes en la columna, difieren entre si por la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

² SEM: Error estándar del promedio

En la figura 1 se muestran los de pesos vivos promedios de pollos de engorde (0-42 días), podemos observar que los animales suplementados con glutamina y ácido glutámico (0.2% y 0.4%) consiguieron mejores pesos a los 42 días.

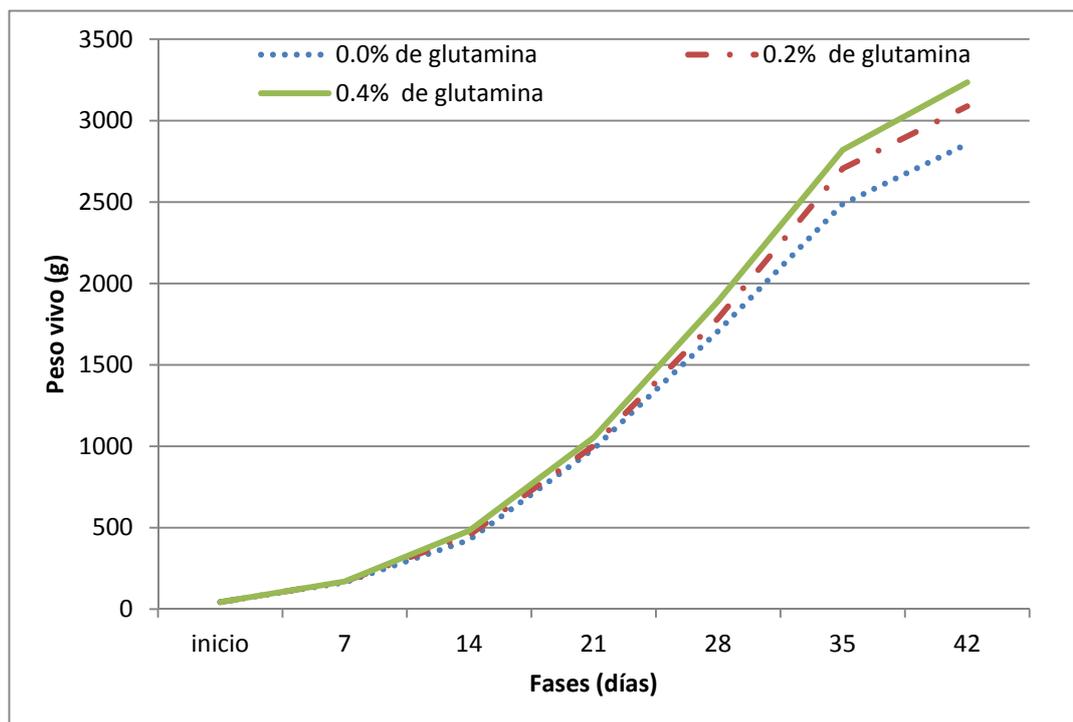


Figura 1. Pesos vivos promedios (g) de los pollos de engorde durante la etapa de crianza (0-42 días de edad).

En la figura 2 de ganancia de pesos de los pollos de engorde (0-42 días), observamos que los animales a los cuales se les adiciono glutamina y acido glutámico presentaron mejor ganancia de peso, siendo el de 0.4% de glutamina mas notable.

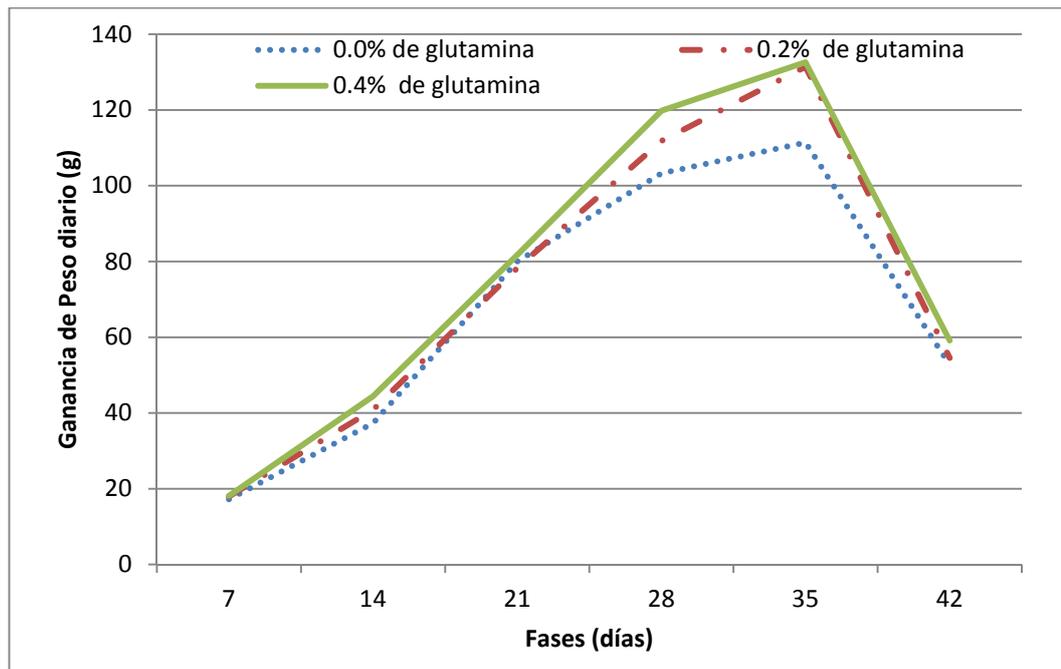


Figura 2. Ganancia de peso diaria (g) de los pollos de engorde durante la crianza (0-42 días).

4.4. económico de la crianza (1- 42 días)

En estos resultados se muestra que los costos totales de los diferentes tratamientos son diferentes, aun así notamos una rentabilidad superior en los pollos que recibieron glutamina y ácido glutámico en la dieta, debido a que consiguieron mayor beneficio bruto.

Rubros	Niveles de glutamina en la dieta (%)		
	0	0.2	0.4
Ingresos			
Peso vivo, kg	2.86	3.09	3.23
Precio de pollo, S/. x kg	5.00	5.00	5.00
Beneficio bruto, S/.	14.28	15.44	16.17
Costos variables y fijos			
Consumo de alimento, kg	5.16	5.23	5.18
Costo/ kg de alimento, S/.	1.80	1.87	1.94
Costo cons. de alimento, S/.	9.29	9.78	10.05
Costo pollos 0 días edad, S/.	1.50	1.50	1.50
Sub total	10.79	11.28	11.55
Otros gastos, 20%	2.70	2.82	2.89
Costo Total, S/.	13.49	14.10	14.44
Beneficio neto			
Por pollo, S/.	0.79	1.34	1.73
Por kg de pollo, S/.	0.28	0.43	0.53
Rentabilidad, %	5.86	9.50	11.98

V. DISCUSIÓN

La utilización de glutamina y ácido glutámico en la dieta de los pollos de engorde ha permitido en el presente trabajo obtener mejores parámetros productivos como ganancia de peso y conversión alimenticia en las fases de 7 a 14 días, de 28 a 35 días, los mismos que influyeron para el periodo total (0-42 días); estos resultados son coincidentes con los reportados por Li y otros (2007), quienes atribuyeron a la glutamina como mejoradora de la salud intestinal y del desempeño zootécnico de los animales.

El papel de la glutamina en la salud intestinal ha sido estudiado por Maiorka y otros (2002) quienes reportaron que los agentes tróficos en los que se incluye este aminoácido, son sustancias que estimulan el desarrollo de la mucosa intestinal, favoreciendo el proceso mitótico en la región cripta-vilo, determinando el aumento de la cantidad de DNA y del número de enterocitos. Cuanto mayor es el número de células, mayor será el tamaño de la vellosidad y, consecuentemente, mayor el área disponible para la absorción de nutrientes (Dibner y Richards, 2004), varios estudios han demostrado la influencia de la adición de nutrientes en la dieta sobre los mecanismos de regulación que se activan en los enterocitos para la adaptación celular a la síntesis de proteínas que actúan como enzimas digestivas o portadores de monómeros en la membrana, facilitando así la absorción de nutrientes (Reeds y Burrin, 2001), esto coincide con los resultados totales, cuadro 1 y cuadro 6, donde notamos una conversión alimenticia de los pollos claramente mejor cuando en las dietas adicionamos glutamina y ácido glutámico al 0.2% y 0.4%.

Yi y otros (2005), reportan que investigaciones realizadas en cerdos y pollos, han demostrado que la suplementación a las dietas

mejora la ganancia de peso. También en un estudio con ratones sometidos a ayuno, relataron que la suplementación de 2% de Gln en la dieta aumentó la ganancia de peso durante el período de realimentación y aumentó la altura de las vellosidades de los diferentes segmentos intestinales (Tannuri y otros, 2000). Se ha observado que la suplementación de 1% de glutamina además de aumentar la longitud de las vellosidades del duodeno y yeyuno a los 7, 14 e 21 días de edad, produjo un aumento de 11% en la ganancia de peso en las aves suplementadas a los 21 días de edad (Bartell y Batal 2007). Estos diferentes estudios se asemejan a lo obtenido en el presente trabajo, como muestran el cuadro 4 durante la segunda semana de edad, el cuadro 5 entre los días 28 – 35 y los resultados totales, existe una mayor ganancia de peso en los animales que recibieron glutamina y ácido glutámico en la dieta.

Respecto al consumo de alimento, no existió diferencia entre los tratamientos en ninguna de las fases, por lo que las mejoras en la ganancia de peso y la conversión alimenticia de pollos de engorde que recibieron glutamina y ácido glutámico en la dieta no están relacionadas a un consumo de alimento mayor o menor si no a un mejor aprovechamiento de los nutrientes, lo cual fue más notorio en las últimas fases de la crianza (figuras 1 y 2).

En los resultados del beneficio económico se observa que los costos totales de los diferentes tratamientos tienen variación, aun así los pollos con adición de glutamina y ácido glutámico en la dieta obtuvieron dos veces mayor rentabilidad que las aves sin suplementación, debido a que consiguieron mejores pesos a los 42 días de edad obteniendo un mayor beneficio bruto, confirmando así lo reportado por Rubin y otros (1996), quienes mencionan que niveles elevados de aminoácidos digestibles mejoran la rentabilidad al aumentar el desempeño de los pollos, particularmente su rendimiento en canal.

VI. CONCLUSIONES

El uso de glutamina y ácido glutámico en dietas de pollos de engorde en niveles de 0.2% y 0.4% mejora la ganancia de peso y conversión alimenticia, sin afectar el consumo de alimento.

Los pollos de engorde suplementados con glutamina y ácido glutámico consiguen una mayor rentabilidad.

VII. RECOMENDACIONES

- Adicionar glutamina y ácido glutámico solo en la fase de inicio (1-14 días) para conseguir una mayor rentabilidad.
- Comparar la adición de glutamina y ácido glutámico con diferentes dietas bases para conseguir mejores resultados productivos.
- Utilizar glutamina y ácido glutámico en mayores concentraciones para conseguir una mayor rentabilidad.
- Realizar venta de animales a los 28 ó 35 días cuando han alcanzado un pico de productividad.

VIII. BILIOGRAFÍA

Bartell and Batal. 2007. The Effect of Supplemental Glutamine on Growth Performance, Development of the Gastrointestinal Tract, and Humoral Immune Response of Broilers. Poultry Science, 86: 1940-1947.

Cervantes, Héctor. M. 2011, Integridad intestinal en aves. En línea http://www.wattagnet.com/Integridad_intestinal_en_aves.html

Curi R, Lagranha, Doi, Sellitti, Procopio J, PithonCuri, Corless M, Newsholme P. 2005. Molecular mechanisms of glutamine action. J Cell Physiol 204: 392-401.

Curthoys NP, Watford M. 1995. Regulation of glutaminase activity and glutamine metabolism. Annu Rev Nutr 15: 133-159

Coob-Vantress. 2005. Guía de manejo del pollo de engorde. [En línea]: (<http://www.cobb-vantress.com>. 10 Ene.2012).

Dibner, J. J., Richards, J. D, 2004. The Digestive System: Challenges and Opportunities. Journal of Applied Poultry Research, 13: 86-93

Hoerr, Frederic 2009, La Integridad intestinal y su importancia económica en la Industria Avícola. En línea http://www.porcicultura.com/avicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=458

Hulsewe, K. W., 2004. Does glutamine-enriched parenteral nutrition really affect intestinal morphology and gut permeability? Clinical Nutrition, 23: 1217-1225

- Li P, Yin, Li, Kim, Wu G. 2007. Amino acids and immune function. *Br J Nutr.* 98: 237-252
- Lobley, G. E., 2001. Glutamine in Animal Science and Production. *Journal of Nutrition*, 131: 2525-2531.
- Maiorka A., Silva, A., Santin, E., Borges, S., Boleli, I., Macari, M. 2000. Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* 52(5): 487- 490.
- Mandir, N & Goodlad. R. A, 1999. The effects of glutamine on intestinal epithelial cell proliferation in parenterally fed rats. *Gut*, 44: 608-614.
- Marcussi, F., Thomaz, M.C., Hannas, M. I., Scandolera, A., Budiño, F. 2014. Efeitos da adição de agentes tróficos na dieta de leitões desmamados sobre a expressão da enzima Ornitina Descarboxilase, os conteúdos de proteína e DNA e o desempenho. *Cienc. Anim. Bras.* 15(4): 377-383.
- Mateos, G. G., 2002. The Feasibility of Using Nutritional Modifications to Replace Drugs in Poultry Feeds, *Journal of Applied Poultry Research*, 11: 437- 452.
- Nitsan, Z; Dunnington, E; Siegel P, 1991. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poult Sci.* 70:2040–2048.

Ottersen, Storm-Matisen J, 2000. Biochemistry and anatomy of transmitter glutamate. In: Glutamate Handbook of Chemical Neuroanatomy. s. l.: Elsevier; 18: 1-44

Pitts FN, McClure JN. Lactate metabolism in anxiety neurosis. *New Engl Jou Med* 1967; 277: 1329-36.

Reeds P, Burrin D. 2001. Glutamine and the bowel. *J Nutr.* 131: 2505-2508

Rostagno, H.; Texeira, L.; Doncele, J.; Gomes, P.; Oliveira, R.; Lopes, D.; Ferreira, A. Y Toledo Barreto, S. 2011. *Tablas Brasileiras para aves y cerdos, composición de alimentos y requerimientos nutricionales. (3ªEd.).* Universidad Federal de Viçosa, MG. Brasil. 252 P.

Rubin, Swietlicki, Wang, 1996. Enterocytic gene expression in intestinal adaptation: evidence for a specific cellular response. (*Gastrointest. Liver Physiol.* 33). 270: 143-152

Sakamoto, M., Faria, D., Nakagi, V., Negrão, J., Araújo, R., Souza, K. y Previero, T. 2011. Utilização da glutamina, associada ao ácido glutâmico, sobre o desenvolvimento e a atividade enzimática em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63(4): 962-972.

Self, Spencer, Johnson, Hu, Bazer, Wu G. 2004. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. *Biol Reprod* 70, 1444-1451.

- Soltan, M., 2009. Influence of Dietary Glutamine Supplementation on Growth Performance, Small Intestinal Morphology, Immune Response and Some Blood Parameters of Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 8(1): 60-68.
- Steel, R. y Torrie, J. 1992. *Bioestadística. Principios y Procedimientos*. Editorial. Graf América. México. 622 p.
- Tavernari F., Salguero S., Albino L. y Rostagno H., 2009, *Nutrición, patología y fisiología digestiva en pollos: aspectos prácticos*. En línea
[.http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_aves/enfermedades_aves/87-nutricion.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_aves/enfermedades_aves/87-nutricion.pdf)
- Tannuri, U., 2000. The effects of glutaminesupplemented diet on the intestinal mucosa of the malnourished growing rat. *Rev. Hosp. Clín. Fac. Med. S. Paulo*, 55(3): 87-92.
- Wernerman, J y Hammarqvist, F., 1999. Glutamine: a necessary nutrient for the intensive care patient. *International Journal of Colorectal Disease*, 14: 137- 142.
- Wu G, 1998. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *J Nutr* 128, 1249-1252.
- Wu G y Knabe, 1994. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrums and milk. *J Nutr* 124, 415-424
- Wu g, Thompson, 1990. The effect of glutamine on protein turnover in chick skeletal muscle in vitro. *Biochem J* 265, 593-598.

- Yi, Carroll, Allee, Gaines, Kendall, Usry, Y. Toride, and S. Izuru, 2005. Effect of glutamine and spray-dried plasma on growth performance, small intestinal morphology, and immune responses of *Escherichia coli* K88+-challenged weaned pigs^{1, 2}. *J. Anim.* 80:201
- Young, V. R. & Ajami, A. M, 2001. Glutamine: The Emperor or His Clothes? *Journal of Nutrition*, 131: 2449-2459
- Ziegler, T. R, 2003. Trophic and cytoprotective nutrition for intestinal adaptation, mucosal repair, and barrier function. *Annual Reviews of Nutrition*, 23: 229-261
- Zou, X. T, 2006. Effects of glutamine on growth performance of weanling piglets. *Czech Journal of Animal Science*, 51 (10): 444-448