

Respuesta Inmunológica de Pollos Alimentados con Diferentes Concentraciones de Vitamina E y Arginina

Gregorio Rodríguez Morales¹; Ernesto Cárcamo Casiano¹; Arturo Pro Martínez²; David Chan Díaz³; Jaime Gallegos Sánchez²; Eliseo Sosa Montes⁴; Elvia López Pérez⁴

RESUMEN

Para conocer el efecto de la adición de vitamina E (VE) y/o arginina (ARG) sobre la respuesta inmune de pollos, vacunados a los 12d contra la enfermedad de Newcastle (EN), Influenza aviar, Bronquitis infecciosa, y viruela; se evaluó la reacción postvacunal, mediante los ruidos respiratorios (RR), movimientos bruscos de cabeza (MBC) y Lagrimeo (L); el peso de los órganos: timo, bazo y bolsa de Fabricio (BDF); el título de anticuerpos contra EN (TA); y las variables productivas. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2, los factores fueron VE a 10 y 80 UI kg⁻¹ de alimento, y ARG a 1.31 y 1.61%. Las variables se analizaron con el procedimiento GLM, y las medias se separaron mediante la prueba de Tukey. Los resultados indican que la adición de ARG redujo (P<0.05) los RR (16d), aumentó el TA (11d) y disminuyó el peso de BDF (19d). Mientras la adición de VE disminuyó los RR (21d) y aumentó el TA (11d). Hubo interacción entre VE y ARG; cuando VE fue de 10 UI, y se aumentó ARG, se redujo el L (21d). Se concluye que VE y ARG regulan la respuesta inmune en pollos, sin afectar las variables productivas.

Palabras clave: Reacción postvacunal, Inmunidad, vitamina E, arginina.

¹ Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. goyorodriguez2@hotmail.com

² Profesor- Investigador, titular del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

³ Especialidad en Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

⁴ Profesor-Investigador, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

SUMMARY

In order to know the effects of vitamin E (VE) and/or arginine (ARG) supplementation on the immune response of broiler chickens (vaccinated at 12d against: the Newcastle Disease Virus (NDV), avian influenza, Infectious bronchitis, and fowl pox) the postvaccinal reaction throughout the respiratory noisy (RN), sudden movements of head (SMH) and tear drops (TD); organs weight: Thymus, Spleen, and Bursa of Fabricius (BF); antibody titers against NDV (AT); and the performance, were evaluated. A completely randomized design was used with a factorial arrangement 2x2. The main factors were: VE at 10 and 80 IU kg⁻¹ of feed and arginine at two levels 1.31 and 1.61%. All traits were analyzed using the GLM procedure and the differences among means were separated using the Tukey's test. The results indicated that the ARG supplementation reduced ($P < 0.05$) the RN (16d), increased the AT (11d) and decreased the BF weight. Meanwhile, the addition of VE reduced the RN (21d) and heightened the AT (11d). There was an interaction between VE and ARG; when the level of VE was 10 IU and ARG level was increased there was a reduction in the TD (21d). It was concluded that VE and ARG can modulate the immune response in broiler chickens, without effects in the performance.

Keywords: Postvaccinal reaction, Immunity, vitamin E, arginine.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción avícola en México, las aves deben ser vacunados contra diversas enfermedades como: la enfermedad de Newcastle (EN), Bronquitis infecciosa (BI), Influenza aviar (IA) y en temporada de lluvias contra Viruela (V); por lo que, el uso de programas de vacunación extensivos es práctica común. Aunque, el objetivo de la vacunación es producir una respuesta inmune que prevenga la enfermedad (Al-Garib *et al.*, 2003), algunas vacunas (virus vivo) pueden causar inmunosupresión en las aves, con la subsecuente aparición de reacciones postvacunales. Por ejemplo, en aves vacunadas contra EN los fagocitos tienen una menor actividad, lo cual podría explicar la aparición de estas reacciones postvacunales causadas por infecciones con *Mycoplasma sp.* (Al-Garib *et al.*, 2003).

El sistema inmune, que protege al hospedero de patógenos, es regulado por productos químicos de origen proteico como: antígenos, inmunoglobulinas y citoquinas; por lo que, el sistema inmune es dependiente de la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de estas proteínas (Li *et al.*, 2007). La mayoría de los nutrimentos de la dieta llevan a cabo una función en el mantenimiento de una óptima respuesta inmune, de manera que el consumo deficiente o excesivo puede incrementar la susceptibilidad a patógenos (Field *et al.*, 2002). En aves dos de los nutrimentos más estudiados como moduladores del sistema inmune son: la vitamina E y la arginina.

Se han reportado efectos complementarios de la suplementación de vitamina E y arginina en el sistema inmune (Abdukalykova y Ruiz-Feria, 2006). Esta complementariedad podría deberse a que por un lado la arginina es sustrato para

la síntesis de óxido nítrico, una importante molécula que participa en la eliminación de patógenos fagocitados por los macrófagos. Por otro lado, la vitamina E es un antioxidante que protege a las membranas celulares de las células del sistema inmune de los daños causados por especies reactivas de oxígeno (Field *et al.*, 2002). Por las razones mencionadas, se realizó un experimento para evaluar el efecto de la adición de vitamina E, arginina o ambos en la dieta de pollos de engorda en: a) La reacción postvacunal expresada por ruidos respiratorios, movimientos bruscos de cabeza y lagrimeo; b) El peso relativo de los órganos linfoides (timo, bazo y bolsa de Fabricio); c) La inmunidad humoral, mediante el título de anticuerpos contra la enfermedad de Newcastle e Influenza aviar; d) Las variables productivas (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en la granja experimental del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México.

Animales y dietas

Se emplearon 672 pollos de engorda de un día de edad, de la estirpe comercial Ross 308, criados durante 5 semanas en piso con cama de paja de avena, en las mismas condiciones de: temperatura, humedad, ventilación y manejo. Los pollos fueron alimentados con dietas a base de maíz-soya formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados por Lemme *et al.* (2004; Cuadro 1) libres de coccidiostato y antibióticos hasta la semana cuatro,

a partir de la semana cinco se agregó coccidiostato y pigmento. El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*.

Cuadro 1. Dieta testigo para pollos de engorda en la etapa de iniciación¹, requerimientos y aporte nutricional.

DIETA		REQUERIMIENTO Y APORTE NUTRICIONAL		
Ingrediente	Inclusión (%)	Nutriente	RHS	Aporte ⁵
Maíz	61.15	EM (Kcal/kg)	3035.000	3035.000
Pasta de soya	32.36	PC (%)	21.000	19.156
Aceite crudo	2.14	Lisina (%)	1.275	1.275
Metionina	0.33	Metionina (%)	0.925	0.925
Biolys® (51% L-Lisina) ²	0.45	Triptofano (%)	0.205	0.254
Treonina	0.06	Treonina (%)	0.810	0.810
CaCO ₃ (38%)	1.63	Arginina (%)	1.310	1.310
Fosfato dicalcico (18/21)	1.47	Isoleucina (%)	0.865	1.036
Premezcla de Vitaminas ³	0.05	Leucina (%)	1.365	1.634
Premezcla de Minerales ⁴	0.06			
Sal común	0.30			

¹Primeras cuatro semanas de edad (1-28 días), a partir de la semana cinco se agregó 0.05% de coccidiostato y 0.6% de pigmento en la dieta

²Ademas aporta: 0.4% de Treonina, 0.14% de Triptófano, 0.2% de Metionina, 0.1% de Cistina, 0.7% de Leucina, 0.6% de Arginina, 0.4% de Isoleucina, 0.7% de Valina, 0.16% de fosforo y 4070 Kcal/kg de EM

³Aportó por kg de alimento: 12000 UI de vitamina A; 3100 UI de vitamina D₃; 5 mg de vitamina K₃; 2 mg de tiamina; 12 mg de riboflavina; 21 mg de ácido pantoténico; 2.6 mg de piridoxina; 1.5 mg de ácido fólico; 0.018 mg de cianocobalamina; 0.15 mg de biotina. No contenía vitamina E

⁴Aportó por kg de alimento: 0.27 mg de Se; 2 mg de I; 8 mg de Cu; 50 mg de Fe; 80 mg de Zn; 80 mg de Mn; 0.2 mg de Co

⁵Aporte nutricional estimado en la formulación de la dieta

Estímulo inmunológico

Se realizó con la aplicación simultánea de las vacunas comúnmente usadas en la industria avícola. A los 12 d-edad todos los pollos fueron vacunados contra la enfermedad de Newcastle (EN), Influenza aviar (IA), Bronquitis infecciosa (BI) y Viruela (V). Para EN se aplicó la cepa la Sota vía ocular en combinación con BI serotipo Massachusetts. Por vía subcutánea se aplicó una vacuna de IA (subtipo H5N2, cepa A/Chicken México/232/CPA/94 de baja patogenicidad). La vacuna contra viruela (cepa Gibbs) se aplicó por punción en el ala.

Reacción postvacunal

Se monitorearon los pollos de cada unidad experimental durante tres minutos, los días 2, 4, 6, 9 y 11 después de la vacunación (d d.v.), y se registró la presencia de: ruidos respiratorios (RR), movimientos bruscos de la cabeza (MBC) y lagrimeo (L); para ello, se utilizó el método descrito por Torres (1996) con la siguiente modificación: las variables se analizaron a partir del porcentaje individual obtenido y no de la sumatoria de la calificación asignada al porcentaje de cada variable, la cual va del 1-10 y se clasifican como: a) reacción suave de 1-3; b) reacción moderada de 4-7 y c) reacción severa de 8-10.

Peso de los órganos linfoides e inmunidad humoral

Siete pollos por tratamiento fueron pesados, sangrados y después sacrificados a los días 12, 19 y 26 de edad para obtener el peso (en relación al peso vivo) de la bolsa de Fabricio (BDF), del bazo (B) y del timo (T). Antes de pesar los órganos, se les removió el tejido conectivo y adiposo adherido. Las muestras de sangre tomadas por punción al corazón, se dejaron reposar a temperatura ambiente por una hora (coagulación) y después se centrifugaron a 1800 g a 4 °C por 10 min. El suero obtenido se almacenó a -20 °C y después se envió al laboratorio “Diagnósticos Clínicos Veterinarios S.A. de C.V.”, para determinar los niveles de anticuerpos contra EN e IA mediante la prueba inhibición de la hemoaglutinación.

Variables productivas

Se midieron las variables consumo de alimento (CDA) y ganancia de peso (GP) semanalmente; se calculó la conversión alimenticia (CA); se observó el daño de coccidia por sangre en heces y daños en intestino cuando había mortalidad.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2; cada tratamiento se ofreció a 7 repeticiones de 24 pollos cada uno. Los factores evaluados fueron dos concentraciones de vitamina E (10 y 80 UI/kg de alimento) y dos concentraciones de arginina (1.31 y 1.61 %). El período experimental fue de cuatro semanas. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM (SAS Institute 2000). Los resultados de reacción postvacunal expresados en porcentaje fueron transformados previamente a la función arco-seno (Steel *et al.*, 1988) para su análisis. Las diferencias entre medias de tratamientos fueron separadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reacción postvacunal

Las vacunas a base de virus vivo que tienen afinidad por las células del sistema respiratorio causan una reacción que se manifiesta por estornudos, mucosidad y lagrimeo, estos signos se presentan por lo regular cuatro días después de la vacunación de las aves y es la manifestación de que el virus se está replicando en las células, a esto se le llama reacción postvacunal (Perozo *et al.*, 2004), la cual dura hasta 7 días, desaparece por sí sola o se puede complicar si otros agentes patógenos como mycoplasmas o *E. coli* están presentes (El Tayeb y Hanson, 2002; Butcher y Heskett, 2010), si esto ocurre es necesario utilizar algún expectorante y antibiótico para su control.

En este experimento, cuando se agregó vitamina E (VE), arginina (ARG) o ambos en la dieta, no hubo efecto ($P > 0.05$) en el porcentaje de pollos que presentaron ruidos respiratorios (RR), movimientos bruscos de cabeza (MBC) o lagrimeo (L) a

los 2, 6 y 11 d d.v. Sin embargo, a los 9 d d.v. al aumentar a 80 UI la VE disminuyeron ($P<0.05$) los RR; mientras que, el incremento en 0.3% de ARG en la dieta redujo el porcentaje de pollos que presentaron RR a los 4 d d.v.; también, se encontró una interacción entre VE x ARG a los 9 d d.v en el porcentaje de pollos con lagrimeo; cuando se aumentó ARG en 0.3% y el nivel de VE fue de 10 UI se redujo ($P<0.05$) el lagrimeo de 10.4 a 3.9 %; mientras que, cuando el nivel de VE fue de 80 UI la adición de ARG no afectó el L (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ruidos respiratorios (RR), movimientos bruscos de cabeza (MBC) y lagrimeo (L) a diferentes días de edad en pollos alimentados con diferentes concentraciones de vitamina E (VE) y arginina (ARG), sometidos a un estímulo inmunológico¹(%)

Factores	2d d.v.			4d d.v.			6d d.v.			9d d.v.			11d d.v.			
	RR	MBC	L	RR	MBC	L	RR	MBC	L	RR	MBC	L	RR	MBC	L	
VE(UI/kg)																
10	30	14	8	37	21	24	28	15	16	19a	8	7	14	9	7	
80	29	15	7	32	19	21	28	14	10	10b	6	6	13	8	5	
ARG (%)																
1.31	35	16	9	38a	19	26	27	15	13	15	7	8	14	8	7	
1.61	25	13	6	31b	21	20	30	15	13	14	8	5	13	9	5	
EEM	5.4	3.3	1.8	2.6	3.0	2.7	1.7	2.4	2.4	2.1	1.6	1.1	1.8	1.7	1.6	
VE*ARG																
10-1.31	32	16	11	43	23	27	29	14	16	20	9	10a	16	9	7	
10-1.61	28	13	6	31	19	21	29	17	16	18	8	4b	11	10	7	
80-1.31	37	17	6	34	16	24	25	16	9	10	5	6ab	11	8	7	
80-1.61	21	14	7	30	22	19	32	13	11	11	8	7ab	14	8	3	
EEM	7.7	4.6	2.5	3.7	4.2	3.8	2.5	3.52	3.5	2.9	2.3	1.6	2.6	2.4	2.2	
Valor de la probabilidad																
VE	0.9	0.5	0.7	0.1	0.5	0.53	0.9	0.5	0.1	0.01	0.95	0.9	0.6	0.5	0.9	
ARG	0.2	0.3	0.4	0.05	0.9	0.98	0.1	0.8	0.8	0.9	0.98	0.1	1.0	0.3	0.6	
VE*ARG	0.44	0.9	0.64	0.33	0.4	0.40	0.1	0.6	0.7	0.6	0.22	0.03	0.06	0.8	0.3	

¹ Los pollos se vacunaron contra la enfermedad de Newcastle, influenza aviar, bronquitis infecciosa y viruela el mismo día

^{a-b} Valores con distinta letra en la misma columna y el mismo factor son diferentes ($P<0.05$).

^d d.v. días después de la vacunación

La cantidad de vitamina E y arginina que recomienda el NRC (1994) no es suficiente para un mejor funcionamiento del sistema inmune. Leshchinsky y Klasing (2001) reportaron que la suplementación de niveles moderados (25 a 50 UI/kg de alimento) de vitamina E regula la respuesta inmune; mientras que, las necesidades recomendadas de arginina para su óptimo funcionamiento no son suficientes (Corzo *et al.*, 2003).

Cuando se suplementan ambos nutrimentos se mejora la respuesta inmune, como lo señalan Abdukalykova y Ruiz-Feria (2006), quienes reportaron que incrementar en 0.3% la arginina en la dieta de pollos mejora la producción de anticuerpos cuatro días después de haber inyectado SRBC, mientras que, la vitamina E a 80 UI mantiene esta producción de anticuerpos 8 y 16 días después de la inyección.

Los resultados encontrados en este experimento indican un efecto complementario entre la vitamina E y arginina en la reacción postvacunal, ya que redujeron los ruidos respiratorios y lagrimeo en diferentes etapas de la reacción.

Esto puede deberse a que el virus de Newcastle presenta dos etapas de replicación en el hospedero; la primera, es la implantación del virus en las vías respiratorias, donde este se replica en las células del epitelio mucoso y pasa a la circulación sanguínea, llega a los órganos viscerales y comienza la segunda replicación, y nuevamente se libera el virus a la sangre (Moreno, 1994).

Peso de órganos linfoides

Los signos de estrés en las aves se manifiestan con distintos grados de involución del sistema linfático, que incluyen: atrofia del timo, bolsa de Fabricio y bazo (Thaxton y Siegel, 1982; Cunningham, 1995), e inmunosupresión (Espinet, 1987); por lo tanto, el peso de los órganos linfoides, expresado como porcentaje del peso

corporal (Ismail *et al.*, 1990) es una variable que indica los efectos del estrés y el estado inmunológico de las aves (Arenas *et al.*, 2004).

El peso relativo (g/100 g de PV) del timo y bazo durante el experimento, no se afectó ($P>0.05$) cuando en la dieta de los pollos se adicionó VE, ARG o la combinación. Sin embargo, el aumento de ARG en 0.3% redujo ($P<0.05$) el peso de la BDF (de 0.277 a 0.226 g/100 g de PV) a los 7 d d.v.; mientras que previo a la vacunación y 14 d d.v. no hubo efecto. Cuando se incluyó solo VE o combinada con ARG en la dieta, no se afectó ($P>0.05$) el peso de la BDF de los pollos.

La reducción del peso de la BDF podría ser explicada por una disminución en el peso corporal de los pollos alimentados con altas concentraciones de ARG, tal y como lo señala Fuller *et al.* (1967), ya que existe una correlación positiva entre el peso corporal y el peso de los órganos linfoides (Ismail *et al.*, 1990). Aunque en este experimento no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en el peso vivo de los pollos cuando se adicionó ARG en la dieta, hubo una tendencia a reducirse esta variable y a incrementar la conversión alimenticia.

La reducción del peso de la BDF es un resultado inesperado, ya que en la literatura se menciona un efecto positivo cuando se adiciona arginina en la dieta.

Inmunidad humoral

Las inmunoglobulinas son la unidad funcional de la inmunidad humoral, se encuentran en los tejidos corporales y en los espacios tisulares, y son más efectivas en la eliminación de los patógenos extracelulares. Reaccionan ante las proteínas de la superficie de las bacterias, parásitos o virus, adhiriéndose a moléculas específicas del patógeno (Burns *et al.*, 2007).

La inmunidad humoral, evaluada a través del título de anticuerpos (Log₂) contra la EN e IA, a los 7 y 14 d d.v. no cambió por la inclusión de VE, ARG o la combinación en la dieta (P>0.05), pero el incremento de VE a 80 UI o ARG en 0.3% aumentó (P<0.05) el título de anticuerpos contra EN antes de la vacunación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Título de anticuerpos (Log₂) contra la enfermedad de Newcastle (EN) e influenza aviar (IA) en pollos de engorda vacunados¹ a los 12 d de edad y alimentados con diferentes concentraciones de vitamina E (VE) y arginina (ARG) en la dieta

Factores	11 d		19 d (7d d.v.)		26 (14d d.v.)	
	EN	IA	EN	IA	EN	IA
VE(UI/kg)						
10	2.1b	2.4	3.4	1.6	6.6	1.9
80	2.9a	2.4	3.2	2.1	6.9	2.2
ARG (%)						
1.31	2.1b	2.4	3.6	1.7	7.1	2.1
1.61	2.9a	2.4	3.1	2.1	6.3	2.0
EEM	0.21	0.25	0.20	0.23	0.55	0.30
VE*ARG						
10-1.31	1.6	2.6	3.9	1.3	7.0	1.9
10-1.61	2.7	2.1	3.0	2.0	6.1	2.0
80-1.31	2.7	2.1	3.3	2.1	7.3	2.4
80-1.61	3.1	2.6	3.1	2.1	6.4	2.0
EEM	0.30	0.35	0.28	0.32	0.78	0.43
	Valor de la probabilidad					
VE	0.02	1.00	0.45	0.13	0.72	0.51
ARG	0.02	1.00	0.09	0.27	0.28	0.74
VE*ARG	0.25	0.24	0.21	0.27	1.00	0.51

¹ Los pollos se vacunaron contra la enfermedad de Newcastle, influenza aviar, bronquitis infecciosa y viruela el mismo día

^{a-b} Valores con distinta letra en la misma columna y el mismo factor son diferentes (P<0.05)

^d d.v. días después de la vacunación

Así, la adición de VE o ARG en la dieta no afecta la producción de anticuerpos después de la vacunación, pero ayuda a mantener la cantidad de anticuerpos maternos en los pollos, lo cual indica que, durante las primeras semanas estos animales pueden reaccionar mejor ante un ataque de patógenos comparados con aquellos a los que no se les adicionó VE o ARG en la dieta.

Variables productivas

Las necesidades nutrimentales para la inmunidad en las aves no coinciden con aquellas para ganancia de peso (Kidd, 2004), ya que, se han desarrollado típicamente en base a índices de productividad, pero su efecto en la inmunocompetencia rara vez se examina (Klasing *et al.*, 1995).

La inclusión de VE, ARG o la combinación de estos en la dieta de pollos de engorda no afectó ($P > 0.05$) la ganancia de peso (GDP, g/ave), consumo de alimento (CDA, g/ave) y conversión alimenticia (CA) medidas a los 7, 14, 21, 28 y 35 d de edad, pero puede evitar la presencia de coccidia en los primeros 28 días de edad en pollos de engorda, ya que, que en la quinta semana cuando se agregó coccidiostato, la CA disminuyó (1.6 vs 2.0 aproximadamente) en comparación con la cuarta semana en que los pollos no lo consumían.

Debido a que la respuesta del sistema inmune a los procesos infecciosos afectan al crecimiento, metabolismo y necesidades de nutrientes en las aves (Humphrey y Klasing, 2004), las interacciones entre nutrición e inmunidad son diversas e importantes para el bienestar animal y la eficiencia de la producción (Humphrey *et al.*, 2002). Por ejemplo, mientras la nutrición influencia la inmunocompetencia y la resistencia a las enfermedades, los patógenos como coccidia pueden reducir la absorción de nutrientes (Klasing *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

Los efectos positivos de la adición de 80 UI/kg de alimento de vitamina E o 0.3% de arginina en dietas para pollos de engorda de 1 a 28 días incluyen: una disminución de los signos presentes en la reacción postvacunal y un incremento en la persistencia del título de anticuerpos maternos contra la enfermedad de

Newcastle; sin afectar las variables productivas permitiendo un efecto contra coccidia en las primeras cuatro semanas de edad. Sin embargo, un resultado inesperado fue la reducción del peso de la bolsa de Fabrico cuando se adicionó solo arginina en la dieta.

Los niveles evaluados de vitamina E y arginina ayudan al sistema inmune, sin alterar la producción. Pero, cuando se adicionan juntas no se encontró una sinergia entre ellos, por lo que, se concluye que sus efectos son complementarios en el tiempo.

LITERATURA CITADA

Abdukalykova S. and C. A. Ruiz-Feria. 2006. Arginine and vitamin E improve the cellular and humoral immune response of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 5(2): 121-127.

Al-Garib S.O., A. L. Gielkens, E. Gruys and G. Koch. 2003. Review of Newcastle disease virus with particular references to immunity and vaccination. *World's Poultry Science Journal* 59:185-200.

Arenas E., F. Perozo, J. Nava, Y. Mavarez, P. Serje y M. Briceño. 2004. Caracterización morfométrica de los órganos linfoides en pollos de engorde de la línea Ross criados bajo condiciones de campo en estado de Zulia, Venezuela. *Revista científica* 15(3): 217-225.

Burns K., R. J. Fernández, F. J. Rojo y H. García. 2007. El sistema inmune de las aves, una breve revisión. *WATT Poultry USA magazine*.<http://www.wattpoultry.com/IndustriaAvicola/Article.aspx?id=1942>.

Revisado el 25/09/2010.

Butcher G.D. and E. A. Heskett. 2010. Impact of respiratory diseases on commercial layer performance. 18th Annual ASAIM SE Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. 5 p.

Corzo A., E. T. Moran, Jr. and D. Hoehler. 2003. Arginine need of heavy broiler males: applying the ideal protein concept. Poultry Science 82:402-407.

Cunningham, J.G. 1995. Fisiología Veterinaria. Ed. Interamericana. México, D.F., 716p.

El Tayeb B. A. and R. P. Hanson. 2002. Interactions Between *Escherichia coli* and Newcastle Disease Virus in Chickens. Avian Diseases 46:660-667.

Espinet R.G. 1987. Los "stress" su naturaleza, sus reacciones. Veterinaria Argentina 4(40): 882-888.

Field J. C., I. R. Johnson and P. D. Schley. 2002. Nutrients and their role in host resistance to infection. Journal of Leukocyte Biology 71:16-32.

Friedman A., I. Bartov and D. Sklan. 1998. Humoral immune response impairment following excess vitamin E nutrition in the chick and turkey. Poultry Science 77:956-962.

Fuller H. L., S.I.Chang and D. K.Potter. 1967. Detoxication of dietary tannic acid by chicks. The Journal of Nutrition 91:477-481.

Humphrey B. D. and K.C. Klasing. 2004. Modulation of nutrient metabolism and homeostasis by the immune system. World's Poultry Science Journal 60:90-100.

Humphrey B.D., E.A. Koutsos, and K.C. Klasing. 2002. Requirements and priorities of the immune system for nutrients. Pages 69-77 in: Nutrition Biotechnology in the Feed and Food Industries: Proceedings of Alltech's 18th annual symposium. T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Ismail N.M., Y.M. Saif, G.B. Wigle, G.B Havenstein and C. Jackson. 1990. Infectious bursal disease virus variant from commercial Leghorn pullets. Avian Disease 34: 141-145.

Kidd M. T. 2004. Nutritional modulation of immune function in broilers. *Poultry Science* 83:650-657.

Klasing K., E. Roura y D. Korver. 1995. Interacciones entre nutrición y sistema inmune. XI curso de especialización FEDNA. Barcelona, España.

Lemme A., V. Ravindran and W. L. Bryden. 2004. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journal* 60:423-437.

Leshchinsky T. V. and K. C. Klasing. 2001. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poultry Science* 80:1590–1599.

Li P., Y. Yu-Long, D. Li, S. W. Kim and G. Wu. 2007. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition* 98:237-252.

Moreno C. R. 1994. La enfermedad de Newcastle y algunos avances recientes de diagnostico. *Ciencia Veterinaria* 6:49-72.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Perozo M. F., J. Nava, Y. Mavarez, S. Rivera, V. Aguillon y V. Pino. 2004. Evaluación de dos planes de vacunación contra la enfermedad de Newcastle en pollos de engorde de la línea Ross criados bajo condiciones de campo en el estado Zulia, Venezuela. *Revista científica* 14(4):331-337.

SAS Institute. 2000. *SAS/STAT User's Guide*. Release 8.0 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Steel R. G. D., J. H. Torrie y D. A. Dickey. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 pág.

Thaxton P. and H.S. Siegel. 1982. Immunodepression in young chickens by high environmental temperature. *Poultry Science* 49:202-205.

Torres M. 1996. Evaluación de reacciones respiratorias postvacunales. Memorias del curso de actualización sobre técnicas de vacunación y reacciones postvacunales. ANECA. 40-42 p.