

# NECESIDADES VITAMÍNICAS: ¿Hay bases para reevaluar las especificaciones de la dieta? (y II)

S. LEESON. *World's Poultry Sci. Jour.*, 63: 255-264. 2007

## Necesidades para mejorar la composición del huevo y la carne

Al igual que otros muchos nutrientes, los niveles de vitaminas que se incorporan en la alimentación influyen directamente en la deposición de las mismas en los huevos y la carne. Las deficiencias vitamínicas producen una reducción de la acumulación en los huevos y tejidos, que, en situaciones severas o prolongadas, puede propiciar la aparición de los signos clásicos de avitaminosis —Lesson y Summers, 2001—. Hoy en día se busca fortalecer los productos avícolas para mejorar así su perfil nutritivo y/o su apariencia y alargar su fecha de caducidad en los centros comerciales. Combs, en 1992, ya indicó que los productos avícolas contribuyen significativamente a colmar las necesidades vitamíni-

cas de los consumidores. Existen pocos datos completos disponibles sobre el espectro total de vitaminas que se pueden encontrar en los productos cárnicos avícolas, aunque se especula a menudo sobre el perfil de los huevos. La tabla 5 muestra el contenido vitamínico de huevos de 60 g procedentes de aves alimentadas con niveles comerciales regulares de vitaminas, junto con los valores expresados como una contribución a la Ingesta Diaria Recomendada—IDR.

Los valores oscilan entre el 100 % de la IDR para la vitamina K hasta justo el 0,3 % para la niacina. A medida que los niveles de vitaminas en la dieta aumentan, hay también un aumento de los niveles de vitaminas depositados en el albúmen y/o la yema. Naber —1993— y Squires y Naber —1992 y 1993— detallan esta transferencia y sugieren que la monitorización del contenido vitamínico del huevo puede

usarse como un indicador del estado nutricional del ave. Naber —1993— resume sus conclusiones clasificando la eficiencia de la transferencia de las vitaminas del pienso a los huevos tal como se muestra en la tabla 6.

Castaing y col.— 2003— alimentaron a los broilers con niveles de vitaminas comparables a los usados de forma rutinaria comercialmente en Francia o a los recomendados por los fabricantes de vitaminas. El nivel más alto de suplemento era generalmente el doble de los standards de la industria, a excepción de la concentración 11 veces superior de vitamina

Tabla 5. Contribución en vitaminas de un huevo convencional de 60 g para la IDR (\*) de los machos adultos (&)

Años	IDR, mg (*)	Contenido, mg	IDR, %
Vitamina A	900	59 ± 25	6,6
Vitamina D <sub>3</sub>	10	0,69 ± 0,03	6,6
Vitamina E	15.000	1.320 ± 80	8,8
Vitamina K	120	130 ± 3	108,0
Tiamina	1.200	49 ± 1	4,1
Riboflavina	1.300	219 ± 31	16,8
Piridoxina	1.300	27 ± 2	2,1
Biotina	30	17 ± 2	56,6
Acido fólico	400	9 ± 0,00	2,3
Niacina	16.000	47 ± 6	0,3
Acido pantoténico	5.000	763 ± 165	15,3
Vitamina B <sub>12</sub>	2,4	0,87 ± 0,04	36,3

(\*) IDR: Ingesta Diaria Recomendada

(&) Adaptado de Lesson y Caston, 2003

Sección patrocinada por



Tabla 6. Clasificación de las vitaminas según la eficacia relativa de la transferencia de la dieta al huevo (\*)

	Eficacia de la transferencia	Vitaminas
Muy alta	60 a 80 %	A
Alta	40 a 50 %	Riboflavina Acido pantoténico Biotina B <sub>12</sub>
Media	15 a 25 %	D <sub>3</sub> E
Baja	5 a 10 %	K Tiamina Ácido fólico

(\*) Adaptada de Naber, 1993

E—240 contra 20–25 UI/Kg—. Este elevado contenido en vitamina E dio como resultado un crecimiento superior —1919 contra 1878 g a los 38 días— y un mejor rendimiento en carne. El contenido en vitamina E de los filetes de pechuga aumentó más del doble, de 5,4 a 12,5 mg/kg, aunque la pérdida por goteo no se vio afectada. Pérez—Vendrell y col. —2003—, realizaron un estudio similar en ponedoras, usando niveles de vitaminas más elevados o bien los habituales en España. En todos los casos se produjo un aumento de la acumulación de vitaminas en el huevo, como respuesta al aumento del suplemento en la dieta. Hernández y col.—2002— también mostraron un incremento de los niveles de vitaminas en los filetes de pechuga de los broilers, en respuesta a un aumento del suplemento vitamínico en la dieta, siendo este efecto más pronunciado cuando las aves crecieron bajo el estrés impuesto por un aumento de la densidad de población —37 contra 28 kg/m<sup>2</sup>—. Sheehy y col.—1991— demostraron que existe una relación lineal entre el contenido en  $\alpha$ -tocoferol de la dieta y su acumulación en el músculo, aunque no parece que los niveles de plasma sean un indicador fiable de los niveles de vitamina E en el músculo. Sheehy y col.— 1994— mostraron que cada 100 mg de  $\alpha$ -tocoferol añadidos a la dieta de los broilers incrementan la contribución de la IDR alrededor del 7%; por ejemplo, el uso de 300 contra 10 UI/kg llevará probablemente a productos con un 21% de IDR en comparación con tan solo un 1–2%. En situaciones en las que una dieta con niveles extra de vitaminas mejora el rendimiento en carne *per se*, también se mejora generalmente el estado de salud y especialmente la locomoción—Philippe y col. 2005.

Para cierto número de vitaminas existe casi una relación lineal entre su inclusión en la dieta y la deposición en el huevo. Los límites más altos de su uso en las dietas los marcarán, obviamente, los factores económicos y la incidencia de algún tipo de hipervitaminosis. Mori y col.—2003—, expusieron la usual relación entre el contenido en vitamina E de la dieta y el del huevo, culminando con casi 5 mg de vitamina E en los huevos procedentes de aves alimentadas con 600 UI/kg. Sin embargo, se comprobó que cuando se usa este nivel tan elevado se reducía la puesta, en comparación con el empleo de índices mas moderados de suplemento enriquecido. Estos autores estudiaron también la eficacia de la transferencia de la vitamina A, hallando una mayor cantidad en los huevos procedentes de aves alimentadas con dietas con 15.000 o 30.000 UI/kg, aunque se produjo una saturación obvia a los niveles más altos de inclusión. Al igual que lo ocurrido con elevados niveles de vitamina E, la inclusión de niveles tan altos como de 30.000 UI de vitamina A/kg en la dieta causó una reducción en la puesta.

### Para cierto número de vitaminas existe casi una relación lineal entre su inclusión en la dieta y la deposición en el huevo

La vitamina D constituye un problema para los habitantes del Norte de Europa durante los meses de invierno y también para todo aquel que no esté, de forma regular, expuesto directamente a la luz del sol durante varias horas cada día. En relación con este problema, Mattila y col.—2004—, estudiaron la posibilidad de producir un nuevo tipo de huevo enriquecido con mayor cantidad de vitamina D, alimentando a las ponedoras con una dieta conteniendo 2.500, 6.000 ó 15.000 unidades de la misma. Los niveles de vitamina D<sub>3</sub> respectivos, encontrados en huevos de 60 g, fueron calculados en, aproximadamente, 20, 40 y 120 UI, en relación con un una IDR a 400 UI— 10  $\mu$ g—. El aumento de los niveles de vitamina D<sub>3</sub> mejora también la fortaleza de los huesos de las ponedoras, evitando su rotura y no tiene efectos perjudiciales respecto a la acumulación de calcio en algunos tejidos, como los de los riñones, hígado y corazón.

Mientras que la mayoría de las investigaciones en este campo se han concentrado en el empleo de una cantidad extra de vitaminas para fortalecer los productos avícolas, las deficiencias vitamínicas pueden tener un efecto contrario. Deyhim y col. —1996— demostraron que si se restringían las vitaminas y los microminerales en el período de acabado de los broilers, se observaba una reducción del 3 al 50% del nivel de tiamina y de riboflavina

en el músculo de la pechuga. Patel —1997— demostró asimismo que si se restringía el suministro de vitaminas de los 35 a los 42 días de edad se producía una reducción del 43 % de la riboflavina de la pechuga.

Además de servir para mejorar el perfil nutritivo de los huevos y la carne, los altos niveles de vitaminas de las dietas se usan también para conservar la calidad de la carne y de los huevos durante el almacenamiento. En la mayoría de los estudios realizados se involucra a la vitamina E, cuya función como antioxidante puede ayudar a prevenir la peroxidación de las grasas. A este respecto la cantidad estudiada de vitamina E va, en general, de 100 a 400 UI/kilo de pienso. En una extensa revisión, Sheehy y col.,—1994— indican que la refrigeración y el almacenamiento en frío de la carne de ave puede conducir a una peroxidación de los lípidos. Esta situación es todavía más acusada para las aves alimentadas con aceites vegetales y otras grasas insaturadas y especialmente crítica cuando las canales contienen poliinsaturados tales como productos especialmente enriquecidos con omega-3. Estos autores citan también una evidente mejora del sabor y el aroma de la carne de aves alimentadas con 160 en lugar de 20 UI/kg de vitamina E, almacenada a 4° C durante 12 días.

Bartov y Frigg —1992— han indicado que la estabilidad oxidativa de la carne almacenada era significativamente mejor si se incluía en la dieta hasta 150 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg. El mayor resultado se obtuvo cuando esta dieta con un elevado índice de vitamina E fue suministrada a las aves durante las 7 semanas de cría, aunque si este suplemento extra se suministra solo las dos últimas semanas de crecimiento se consigue una moderada protección contra la oxidación. Franchini y col. —2002— y Pal y col. —2002— demostraron que la acumulación de sustancias provenientes de la oxidación de los lípidos, tales como el malonaldehído, se reducía al alimentar a las aves con altos niveles de vitamina E. Pat y col. —2002— demostraron también que si se incluía en la dieta 110 UI/kg de vitamina E, en lugar de 55, se doblaba el contenido de la misma en el huevo.

### Requerimientos para mantener la salud general de las aves

La mayoría de las investigaciones sobre la salud general de las aves, independientemente de su impacto sobre la respuesta inmune, se han hecho con las vitaminas E y D<sub>3</sub>. Shell y col. —1997— sugirieron que los niveles NRC —1994— de vitamina E eran, probablemente, suficientes para la cría de pavos que están "libres de enfermedades", aunque, algunos estudios previos realizados por este grupo —Soto-Salanova y Sell, 1996— demost

ron que las reservas de  $\alpha$ -tocoferol en los pavipollos jóvenes son bajas y declinan rápidamente en los primeros 14 días de vida. Una inyección de 25 UI de vitamina E o el suministro de dietas con 150 UI/kg de la misma atenúa este declive, aunque no lo elimina. Al nacer los pavos jóvenes tienen 144  $\mu$ g de  $\alpha$ -tocoferol/g de hígado y esta cantidad declina hasta 5  $\mu$ g/g a los 14 días, aunque sin ningún efecto aparente sobre la salud de los pavipollos no estresados. Sin embargo, Soto-Salanova y Sell —1996— demostraron que se produce una reducción de la susceptibilidad de los hematíes a la hemólisis tanto si se les inyectaba vitamina E como si se les alimentaba con dosis moderadamente altas de la misma.

Hoy en día es evidente que niveles muy altos de vitamina E pueden ayudar a mantener la producción de huevos en ponedoras bajo estrés por calor. Bollengier-Lee y col. —1998— demostraron que, bajo una temperatura de 32°, se obtenía un 20 % más de producción en aves alimentadas con 500 en vez de 10 UI/kg de vitamina E. En otras experiencias el impacto fue menos pronunciado, aunque las altas dosis de vitamina E produjeron un aumento del nivel de calcio plasmático, de vitelogenina y de lipoproteína de muy baja densidad. Estas aves también se recuperaron rápidamente del corto período en el que fueron sometidas al estrés por calor. Los autores sacaron la conclusión de que una dosis extra de vitamina E las ayudaba al mejorar la integridad de la membrana del hepatocito y/o la modulación de la concentración o la actividad del estradiol. En otro estudio, este mismo grupo —Whitehead y col., 1998— detectó una mejora de un 7 % en la puesta de gallinas con estrés por calor recibiendo una dieta con 500 UI/kg de vitamina E. El nivel de vitamina E del plasma estaba linealmente relacionado con el de la dieta, volviendo a los niveles de base cuatro semanas después de retirar de la dieta la dosis extra de la misma. Estos autores sugieren que la vitamina E actúa como un antioxidante general y quizás, de forma más específica, por su efecto sobre los niveles de vitelogenina circulante, que es el mayor precursor de la yema. La monitorización de los niveles de vitelogenina en el plasma y en el hígado sugiere que el estrés por calor por sí mismo no impacta sobre su síntesis en el hígado, pero sí afecta a su liberación dentro de la circulación general. Al medir la integridad de la membrana del hepatocito durante el estrés por calor se vio que una dosis extra de vitamina E provocaba altos niveles del vitelogenina del plasma que estimulan el desarrollo de los óvulos. En contraste con estos efectos positivos de la vitamina E en las aves sufriendo estrés por calor, Whitehead —2001— fue incapaz de demostrar una mejora del rendimiento de los broilers bajo este mismo estrés al suministrarles altas dosis de riboflavina, aunque sí que la incidencia de los dedos torcidos en el grupo tratado fue mucho menor. Allen y Fetterer —2002—,

estudiando el efecto crecientes de vitamina E sobre la respuesta de los broilers a la infección por *Eimeria maxima*, vieron que la coccidiosis causó una disminución del 35-75 % del tocoferol del plasma y que, lamentablemente, esta situación no mejoró al suplementar la dieta con hasta 200 UI/kg. La reducción del tocoferol del plasma fue, probablemente, el resultado de malabsorción y sería pues interesante comprobar la eficacia de la inyecciones de vitamina E y de otras vitaminas en aves expuestas a coccidios.

Debido a su implicación en el metabolismo del calcio, el papel de la vitamina D<sub>3</sub> en el mantenimiento de la integridad del esqueleto ha recibido una especial atención. Hoy en día es evidente que puede haber un crecimiento y rendimiento "óptimos" en lotes de broilers con signos de dificultades de locomoción, por lo que es muy importante considerar el bienestar de los animales con criterios de valoración. Atencio y col. —2005— demostraron que había un mayor aumento de peso corporal y mayor contenido de cenizas en la tibia en broilers alimentados con 3.200 UI/kg de vitamina D<sub>3</sub> cuando los pollos proceden de reproductores alimentados con, por lo menos, de 2.000 a 4.000 UI/kg de la misma. Frits y Waldroup —2003— demostraron que a niveles comparables de potencia, 25 (OH) D<sub>3</sub> era más eficiente que la vitamina D<sub>3</sub> para aumentar las cenizas del hueso y la integridad del esqueleto y minimizar la incidencia de la discondroplasia tibial —DT—. La incidencia de la DT siguió siendo alta — > 30 %— cuando las aves fueron alimentadas con > 1.000 UI/kg de vitamina D<sub>3</sub>, pero disminuyó rápidamente hasta el 14 % y el 7 % con 2.000 y 4.000 UI/kg D<sub>3</sub>, respectivamente. Whitehead y col. —2004— sugieren que los requerimientos modernos de los broilers en vitamina D<sub>3</sub> están muy por arriba de las recomendaciones del NRC— 1994— y pueden exceder incluso de los límites legales impuestos normalmente por la UE. En dos experiencias, el alimentar a las aves con una dieta con 10.000 UI/kg de vitamina D<sub>3</sub>, originó un aumento del ritmo de crecimiento en comparación con 6.000 U/kg, lo cual está considerado en sí mismo un nivel muy alto en los standards comerciales. La resistencia de la tibia a la fractura estaba linealmente relacionada con el nivel de vitamina D<sub>3</sub> de la dieta, mientras que la incidencia de la DT se redujo con 6.000 UI/kg y llegó a eliminarse con 10.000 UI/kg.

## Requerimientos para la respuesta inmunitaria

Se han realizado numerosos estudios sobre el efecto de los suplementos vitamínicos y especialmente de las vitaminas A, D, E y C sobre la respuesta inmunitaria de

los broilers, reproductores y ponedoras. En general, no hay ninguna respuesta a las vitaminas a niveles por lo menos 10 veces superiores a los señalados por el NC —1994— y frecuentemente a niveles 2 a 3 veces mayores que los usados comercialmente.

Se han hecho estudios sobre la vitamina E a causa de su papel como antioxidante en el control de los lípidos y de las membranas celulares. En general, la mayoría de los estudios se han desarrollado con niveles moderados de, por lo menos 80 UI/kg de dieta y frecuentemente hasta 400-500 UI/kg. McIlroy y col. —1993— demostraron que el suministro de vitamina E a una dosis de alrededor de 180 UI/kg en vez de 50 UI/kg a los reproductores era beneficiosa para su rendimiento total en un tiempo en el que la Bursitis Infecciosa —IBD— era endémica. Gore y Qureshi —1997— investigaron las consecuencias de inyectar a los embriones de pavo en desarrollo hasta 30 UI de vitamina E. Con una dosis de 10 UI se mejoró la respuesta a los anticuerpos de los pavos jóvenes en contraste con diversos antígenos, aunque con dosis excesivamente más altas se redujo la incubabilidad.

## Se sabe que los ácidos grasos poliinsaturados impactan a la respuesta inmunitaria mediante la conversión a ácido araquidónico

Erf y col. —1998— demostraron que al dar a los broilers de 2 y 7 semanas unos niveles de vitamina E de hasta 87 mg/kg de tocoferol no se observaba ningún efecto sobre el número de células B y macrófagas del timo o del bazo. Sin embargo, la dosis de 87 mg/kg tuvo un efecto positivo inmunomodulador sobre la diferenciación de la célula "T-helper" del timo.

Se sabe que los ácidos grasos poliinsaturados impactan a la respuesta inmunitaria mediante la conversión a ácido araquidónico y de ahí a las prostaglandinas y leucotrienes. Debido al aumento de su potencial de oxidación, Sijben y col. —2002— investigaron el concepto para el sinergismo entre los suplementos con vitamina E y los poliinsaturados —PUFA—, así como sus efectos sobre la respuesta inmunitaria. Alimentando con dietas con niveles crecientes de vitamina E hasta 80 mg/kg, con PUFA de hasta el 10% de la dieta, no se observó ninguna interacción aparente o efecto beneficioso de aquella sobre la acumulación o actividad de PUFA en los tejidos. Puthongsiriporn y col. —2001— estudiaron el efecto de la vitamina E sobre la proliferación de los linfocitos y el estatus de los antioxidantes de gallinas sometidas a un stress por calor y alimentadas con dietas

de hasta 65 UI/kg. El stress por calor incluyó tanto una fluctuación diaria de 25–35° C como una temperatura constante de 35° C. Usando una dieta con 65 UI/kg de vitamina E mejoró la masa total de huevos en las aves estresadas por el calor, pero no en las del grupo de control. Simultáneamente hubo un aumento de la proliferación de leucocitos para *S. typhimurium* al aumentar la dosis en la dieta hasta 45 y 65 UI/kg en vez de 25 UI/kg. En un segundo estudio, estos investigadores observaron una mayor puesta y una mayor masa de huevos tanto con 65 UI/kg de vitamina E como con 1.000 mg/kg de vitamina C, obteniendo el mejor resultado con la combinación de las vitaminas E y C.

Leshchinsky –2001– experimentó con niveles crecientes de vitamina E sobre varios parámetros inmunológicos. Observaron un efecto dependiente de la dosis sobre la producción de anticuerpos para la IBD, aunque solo hasta 25 UI/kg de vitamina E. Los anticuerpos para los hematíes llegaron al máximo con 50 UI/kg. Estos autores sacaron la conclusión de que 25–50 UI de vitamina E/kg era la dosis más inmunomoduladora y que los niveles superiores podían ser menos eficaces. Una razón para explicar las diversas respuestas a la vitamina E, y quizás a otras vitaminas, podría ser una aparente respuesta específica a la estirpe del ave. Boa-Amponsen y col. –2000– usaron 3 puras líneas de broilers para estudiar la respuesta a 10 contra 300 UI/kg de vitamina E/kg. En dos de estas tres líneas el nivel más alto de vitamina E ayudó a mantener la respuesta de los anticuerpos primarios y secundarios a los SRBCs inyectados aunque con la tercera cepa se observó un efecto negativo de la misma. El efecto de la vitamina E sobre IgF y IgM también dependió también de la línea. Los autores sacaron la conclusión de que la vitamina E potencia la capacidad fagocítica del sistema inmune, aunque tiene un efecto limitado sobre la inmunidad dependiente de las células. Sin embargo, parece que todos los efectos tienen un componente genético o de la estirpe, lo cual puede podría justificar la variable respuesta inmunológica a la vitamina E.

Aslam y col. –1998– demostraron que niveles marginales de vitamina D<sub>3</sub> pueden afectar al mecanismo de la inmunidad. La alimentación con una dieta no suplementada provocó una depresión en la hipersensibilidad de los basófilos a la hemaglutinina cutánea. El peso del timo por unidad de peso corporal disminuyó también al mismo tiempo que se reducía la actividad macrófaga. Estos investigadores determinaron que la deficiencia de vitamina D<sub>3</sub> afectaba negativamente a la respuesta inmune celular. Se ha reseñado que la vitamina D<sub>3</sub> y especialmente 1,25(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> influyen sobre la respuesta inmune en diversas especies de mamíferos –van Etten y col., 2002 y Reinhardt y col., 1999–. Fritts

y col. –2004– estudiaron la respuesta inmunitaria en broilers machos alimentados con 4.000 UI/kg de vitamina D<sub>3</sub> o cantidades equivalentes de 25(OH)-D<sub>3</sub>– 0,025 µg equivalente a 1 UI D<sub>3</sub>–, no observando ningún efecto de la fuente o el nivel de vitamina D<sub>3</sub> en la actividad macrófaga o en la hipersensibilidad de los basófilos cutáneos a 21 días de edad, llegando a la conclusión de que si se alimenta a las aves con de 2.000 a 4.000 UI de vitamina D<sub>3</sub>/kg, como se suele hacer comercialmente, no hay un mayor impacto sobre el sistema inmunitario.

En algunos informes se dice que dosis muy altas de vitamina A pueden comprometer al sistema inmunitario. Surai y col. –2000– sugieren que dosis muy altas de esta vitamina pueden impactar sobre el sistema de defensa antioxidante. A dosis de 10 a 200 veces superiores a los niveles comerciales los niveles de vitamina E en el plasma y en el cerebro son reducidos. En estas aves el contenido de vitamina A en el hígado era 100 veces más elevado que el normal y un nivel de administración como el usado por Surai y col. se encontraría sólo con grandes errores en la dosificación. Coskun y col. –1998– demostraron que alimentando a las aves con hasta 24.000 UI/kg de vitamina A no se observó ningún efecto sobre los anticuerpos maternos, los títulos frente a la enfermedad de Newcastle o la estructura histológica de los órganos linfoides.

## Conclusiones

El continuo aumento de la puesta y del ritmo de crecimiento de los broilers marcan la necesidad para una reevaluación continuada de las especificaciones vitamínicas de la dieta. Aunque no sea por otras razones fisiológicas, los datos ya sugieren de por sí la necesidad de aumentar los niveles de vitaminas de la dieta en un 0,6 al 1,0 % anualmente, dependiendo de las especies y meramente para mantener una ingesta constante de vitaminas por unidad de producción.

Hoy en día tiene un gran valor significativo la constatación de que los niveles de vitaminas de la dieta por encima de los requeridos para mantener estos objetivos simplistas de producción puede impactar positivamente sobre el valor nutritivo de los productos avícolas y también sobre la salud y bienestar de las aves, tal como se ha detallado recientemente en publicaciones centradas sobre una óptima nutrición vitamínica. Actualmente las vitaminas pueden ser consideradas como nutrientes clásicos, nutracéuticos y moduladores de la inmunidad. Probablemente el futuro marcará el concepto de adaptar las especificaciones vitamínicas de la dieta a las expectativas individuales de producción y los objetivos a priorizar sobre estos diversos papeles de las vitaminas. ●