

# EFECTO DE LA NUTRICIÓN MATERNA EN LA PROGENIE

**P.F. SURAI<sup>1,2</sup>, N.H.C. SPARKS<sup>1</sup>, F. KARADAS<sup>3</sup>, A.C.PAPPAS<sup>1</sup> and B.K. SPEAKE<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Avian Science Research Centre, Animal Health Group, SAC, Auchincruive, Ayr KA6 5HW, UK; <sup>2</sup>Division of Environmental and Evolutionary Biology, University of Glasgow, Glasgow, G12 8QQ; <sup>3</sup>Department of Animal Science, University of Yüzüncü Yil, 65080 Van, Turkey

---

## PROFESOR PETER SURAI

El Dr. Peter Surai inició sus estudios en la Universidad de Kharkov, Ucrania y, posteriormente, se incorporó al Instituto de Investigación Avícola de Ucrania, donde obtuvo su PhD en bioquímica, con el estudio del efecto de antioxidantes en la calidad del semen de pavo. Posteriormente, fue nombrado Director del Departamento de Fisiología, Bioquímica y Nutrición del Instituto de Investigación Avícola (Ucrania) siendo responsable de la nutrición avícola en todo el país. Tras varios años como profesor de fisiología humana, obtuvo el título de Doctor de Fisiología Humana por la Universidad de Kharkov.

En 1994 se trasladó a Escocia para continuar su investigación centrada en los antioxidantes y en el año 2000 fue ascendido a Profesor de Bioquímica Nutricional del Centro de Investigación en Ciencia Animal de la Escuela de Agrónomos Escocesa. Recientemente se ha incorporado a Alltech Ltd. como Director de Investigación de Antioxidantes.

Su principal interés está vinculado con aspectos del metabolismo de los antioxidantes, incluido el selenio, en relación a la nutrición, reproducción y producción de alimentos de origen animal. Tiene más de 475 publicaciones de investigación dedicadas a esta materia, incluyendo 160 artículos de revisión, 19 patentes en Ucrania y 1 en Estados Unidos. En 1999 recibió el prestigioso Premio John Logie Baird por la Innovación en el desarrollo de “super huevos”, y en el año 2000 el Premio de la WPSA para Investigadores en reconocimiento a su sobresaliente contribución al desarrollo de la industria avícola. Durante los últimos 5 años ha estado dando conferencias por todo el mundo, visitando más de 50 países.

Su libro “Antioxidantes Naturales en Nutrición y Reproducción Avícola” se publicó en el año 2002 por la Nottingham University Press, y el libro “El Selenio en la Nutrición y la Salud” va a ser publicado por el mismo editor este mismo año 2005.

Recientemente ha sido nombrado profesor honorario de la Universidad de Glasgow (Escocia) y de la Universidad de Sant Istvan (Hungria), así como profesor visitante en la Universidad de Nova Zagora en Bulgaria.

## RESUMEN

El selenio juega un papel importante en la reproducción aviar. Se transfiere del pienso al huevo y posteriormente al embrión en desarrollo. Formando parte de diversas selenoproteínas del embrión del pollito, el Se participa en la regulación de diversos procesos metabólicos y es el responsable de la eficacia de la defensa antioxidante. Nuestros datos indican que el selenio orgánico en la forma de levadura enriquecida en Se es un medio eficaz para incrementar la concentración de Se en la yema, clara y cáscara del huevo. Los pollitos nacidos de huevos enriquecidos con selenio se caracterizan por mayores concentraciones de Se en sus tejidos y este incremento se observa no sólo en los pollitos recién nacidos sino que persiste también hasta 4 semanas después del nacimiento. Además, se demostró que la dieta materna afectaba a los pollitos en su desarrollo postnatal.

## ANTIOXIDANTES NATURALES PARA REPRODUCTORAS

La vitamina E, los carotenoides y el selenio son los principales antioxidantes procedentes del pienso para reproductoras. Se transfieren del pienso al huevo y posteriormente al embrión en desarrollo mejorando sus defensas antioxidantes. La mejor manera de regular el sistema antioxidante del pollito recién nacido es la utilización de selenio orgánico en la dieta de la reproductora. Datos presentados por Paton et al. (2002) indican que la inclusión de selenito sódico en la dieta materna

tenían un limitado potencial para incrementar la concentración de Se en los huevos. Además, no había diferencia en el contenido de selenio del huevo cuando se usaba el selenito sódico en dosis de 0,1, 0,2, o 0,3 ppm. Contrariamente, cuando se usaba Se orgánico en la forma de Sel-Plex se observaba un incremento gradual de contenido de Se en el huevo (de 7,1 $\mu$ g hasta 11,2  $\mu$ g/huevo) (Paton et al., 2002). Igualmente, el incremento del contenido de selenito orgánico en la dieta de gallinas ponedoras (de 0,1 a 0,5 ppm) se asoció a un incremento de la concentración de Se en la yema (2,6 veces más) y en la clara (5,2 veces más; Pappas et al. 2005d; Tabla 1). Se formaron dos grupos de codornices (3 familias en cada grupo formadas por 4 hembras y 1 macho) al inicio del periodo reproductivo. Se alimentaron con una dieta comercial de base maíz que contenía 0,1 ppm de Se procedente del pienso, y se suplementaron con 0,2 ppm de selenito de selenio (grupo control) o 0,5 ppm de selenio orgánico (Sel-Plex<sup>TM</sup>) durante 6 meses, después de los cuales los huevos se analizaron y se incubaron en condiciones estándar (Karadas et al., 2004). La concentración de selenio en la yema del huevo y en la clara del huevo aumentaron significativamente como consecuencia del suplemento con selenio orgánico. El mayor incremento (8,8 veces) se observó en la albúmina del huevo, mientras que la concentración de Se en la yema del huevo se incrementó sólo 2 veces. Parece probable que la inclusión de aceite de pescado en la dieta de los progenitores pueda afectar la habilidad de los embriones para asimilar el selenio. Además, el aceite de pescado en la dieta no cambió el contenido de Se en el huevo, sin embargo, la concentración de Se de los pollitos recién nacidos se incrementó en un 42% en el hígado y un 36% en el músculo de la pechuga. Sin embargo, con elevados suplementos de Se en la dieta no se observó este efecto del aceite de pescado (Pappas et al., 2004: 2004a). En general, debido a la adición de Se orgánico (0,4 ppm) en la dieta materna la concentración de Se en el hígado y en el músculo de la pechuga de los pollitos recién nacidos se incrementó 3,6 y 4,1 veces respectivamente. El enriquecimiento de Se de los huevos de codorniz se asoció con un incremento significativo de la concentración de Se en el hígado, músculo y cerebro de la codorniz recién nacida (Karadas et al., 2004). En comparación con las aves control el mayor incremento del nivel de selenio se observó en el hígado (3,5 veces) con un menor (alrededor de 2 veces) incremento en otros tejidos (Karadas et al., 2004; 2004a). Nuestros datos indican que el Se en la dieta materna afecta a la concentración de Se en los tejidos de la codorniz después de nacer. Además, cuando a la codorniz recién nacida de huevos enriquecidos con Se y de huevos normales de codorniz se les suministró una dieta baja en Se (0,1 ppm) la concentración de selenio en los tejidos bajó drásticamente durante las 2 primeras semanas después del nacimiento. Este hallazgo sugiere que el Se acumulado en el hígado de las codornices recién nacidas se usa activamente durante los primeros días después del nacimiento. Es posible sugerir que la absorción de Se de la dieta no es suficiente durante los primeros pocos días de vida y que el pollito debe confiar en las reservas del elemento acumuladas durante la embriogénesis. Sin embargo, la diferencia en la concentración de selenio entre los grupos experimental y control fue significativa hasta 2 semanas después del nacimiento. Estos resultados indican claramente que la dieta materna afecta no sólo a las codornices recién nacidas, sino también a los pollitos en su desarrollo postnatal. Cuando se realizó un experimento similar con reproductoras pesadas, se observó que el efecto maternal del Se fue también significativo a los 14 días después del nacimiento (Pappas et al., 2005). Además, la nutrición materna previa a la incubación afectó al nivel de Se de la progenie llevando a un incremento significativo de la concentración de Se en el hígado del pollo 2 semanas después del nacimiento y potencialmente pudo afectar las defensas antioxidantes de los pollos.

Tabla 1. Efecto de la adición de Se en la dieta materna en la concentración de Se (ng/g) del huevo incubable y del pollito de 1 día (Adaptado de Pappas et al., 2004)

Tejido 0,1 Se	0,1 Se + FO	0,5 Se	0,5 Se + FO
Yema 183	194	505	496
Albumen 40	42	209	205
Pechuga 58	79	235	217
Hígado 199	282	684	698

\*/ La dieta que contiene 0,1 o 0,5 ppm de selenio orgánico está también suplementada con aceite de pescado (FO)

Recientemente se realizó un nuevo experimento en el SAC para dirimir esta cuestión (Pappas et al., 2005). La dieta materna se suplementó con 0,4 ppm de selenio orgánico en forma de Sel-Plex y se hizo la comparación con una dieta básica que contenía 0,1 ppm de selenio procedente del pienso. Como resultado de la adición de Se en la dieta la concentración de Se en la yema, albumen, cáscara, membrana de la cáscara y membrana perivitelina del huevo aumentaron significativamente (Karadas et al., 2005). A los pollitos recién nacidos se les suministró una dieta basal (0,1 ppm) sin adición de Se durante las 4 semanas posteriores al nacimiento. Después del nacimiento, los pollitos alimentados con una dieta baja en Se (0,1 ppm) pero procedentes de padres alimentados con dietas altas en Se (0,5 ppm) tuvieron, hasta las 4 semanas después del nacimiento, niveles de Se en sangre significativamente superiores a los que procedían de padres alimentados con dietas bajas en Se (0,1 ppm; Pappas et al., 2005a). Y más, nuestros resultados indican que la dieta materna afectó a la concentración de selenio en el hígado hasta las 3 semanas después del nacimiento y en el músculo de la pechuga hasta 4 semanas después del nacimiento. La actividad GSH-Px en el hígado y en la musculatura también se incrementó. Teniendo en cuenta datos recientes presentados por Kousos et al. (2003) mostrando un efecto similar de los carotenoides en la dieta materna sobre la concentración de carotenoides en pollos de 4 semanas de edad, es posible sugerir que el Se y probablemente los carotenoides puedan afectar a la expresión de los genes durante el desarrollo embrionario. Como resultado, la asimilación Se/carotenoides en el desarrollo postnatal pudiera verse afectada. Alternativamente, el sistema antioxidante pudiera verse afectado, usándose menos Se/carotenoides para las necesidades metabólicas, observándose una mayor concentración de estos compuestos en los tejidos. De todas formas, esta hipótesis necesita posterior aclaración, sin embargo, está claro que el efecto materno se observa más allá de los pollitos recién nacidos.

El beneficio del selenio orgánico en dietas de reproductoras radica en su eficiente absorción, transporte y acumulación en el huevo y en los tejidos embrionarios. Esto lleva a una mejora del status antioxidante del pollito recién nacido. Como los niveles de los principales antioxidantes naturales (vitamina E y carotenoides) en los tejidos de los pollos descienden progresivamente después del nacimiento, las enzimas antioxidantes se convierten en un arma crítica de la defensa antioxidante. También parecería que el embrión absorbe mayores cantidades de Se durante los días 10 al 15 de incubación que durante otros periodos. Mejorando la transferencia de Se de la dieta de la gallina usando una levadura enriquecida en Se en vez de selenito sódico inorgánico es una estrategia útil para mejorar el status nutricional del embrión así como el del pollito recién nacido (Cantor et al., 2003).

Se piensa que el requerimiento de Se en condiciones fisiológicas es bastante bajo, variando de 0.06 ppm (gallina ponedora) hasta 0,2 ppm (pavos, patos; NRC, 1994). Sin embargo en condiciones comerciales asociadas a diversos stresses el requerimiento de Se se incrementa substancialmente.

Aunque no hubo diferencia significativa entre la adición de 0,2 y 0,4 mg/kg de Se en la dieta materna sobre la actividad GSH-Px del hígado del pollito de 1 día en nuestro experimento, 0,4 mg/Kg de Se dieron más protección contra la peroxidación gracias a mayores niveles de vitamina E y glutatión en el hígado de los pollitos de 1 día y de 5 días (Surai 2000). Además, la adición de 0,4 ppm de Se en la dieta de la reproductora incrementaron significativamente la concentración de Se en todos los tejidos examinados. La edad de las reproductoras tuvo un efecto significativo en la acumulación de Se en los tejidos. Por ejemplo, en el pico de producción cuando las reproductoras tenían 27 semanas de edad, aquellas que fueron suplementadas con los niveles NRC de Se en su dieta mostraron menor concentración de Se en 3 de los 5 tejidos examinados comparados con los niveles observados cuando las reproductoras eran más jóvenes (Pappas et al., 2005b). Por tanto, había un indicador de depleción en el tiempo para las gallinas reproductoras alimentados con los niveles de Se recomendados por la NRC. Por otro lado, las gallinas alimentadas con las dietas altas en Se (Se total 0,5 ppm) recibieron suficiente Se para mantener sus necesidades así com para establecer reservas de Se en los tejidos.

Debido a que el proceso de transferencia del Se del pienso a la yema del huevo, y subsecuentemente a los tejidos embrionarios, ha recibido poca atención (Cantor, 1997; Paton et al., 2002), no hay una respuesta clara a qué nivel de suplementación de Se es óptimo para las reproductoras pesadas. Sin embargo, un análisis de la investigación publicada y datos comerciales indican que 0,3 ppm de selenio orgánico en la forma de Sel-Plex sería la dosis recomendada de adición de Se en la dieta de reproductoras. Por ejemplo, a las 21 semanas de edad se alojaron reproductoras pesadas Hubbard Ultra-Yield en el suelo (11.600 pollitas y 1.530 gallos) en dos granjas separadas de dos naves cada una (Sefton y Edens, 2004). Se criaron con Selenito hasta su traslado y a continuación se alimentaron con Selenito o Sel-Plex (0,3 ppm) durante 33 semanas de producción. La adición de Sel-Plex se relacionó con una mejora de la fertilidad (del 0,4-4,5%) e incubabilidad de los huevos fértiles (del 1-6%). Como resultado, el número de huevos incubables fue mayor en el grupo con Sel-Plex mostrando una ventaja de más de 67.000 huevos en una granja y más de 8.500 huevos en la segunda granja a las 27 y 30 semanas de producción respectivamente. Durante la prueba de campo se consiguió una media de 4,5 pollitos más en las gallinas tratadas con Sel-Plex. Cuando los datos se analizaron para el conjunto del periodo de producción (41 semanas en la granja 1 y 43 semanas en la granja 2) se llegó a la conclusión que el Sel-Plex en las dietas de reproductoras pesadas era beneficioso tanto desde el punto de vista productivo como económico (Edens and Sefton, 2003; Sefton and Edens, 2004c). Además, se consiguieron 5,63 pollitos más por gallina alojada como resultado de la adición de Sel-Plex y se calculó que la mejora en el rendimiento daba un incremento potencial del benefició en 1,17\$ por gallina alojada.

A partir de la fotoestimulación (22 semanas de edad) se alimentaron pollitas Ross 508 con una dieta de puesta sin Se (-Se), con una ración standard con suplemento de Selenito (0,3 ppm, Selenito) o con una ración suplementada con Sel-Plex (0,3 ppm) (Renema y Sefton, 2004a). La producción de huevos fue similar, con 175, 173 y 178 huevos producidos a las 58 semanas de edad. Sin embargo, el porcentaje de puesta varió despues de la 48 semanas de edad, cuando la producción por gallina alojada fue del 68% en el grupo Sel-Plex y 60 y 61% en los grupos -Se y Selenito respectivamente. En el grupo suplementado con Sel-Plex la producción de huevos incubables a partir de las 40 semanas (87,4) fue superior a los grupos -Se (80,6) y Selenito (83,7). Antes de la semana 34 la incubabilidad media era del 88% en los huevos Sel-Plex comparada con un 80% del grupo Selenito y un 77% del grupo -Se. El Sel-Plex también redujo los defectos de la càscara (Renema y Sefton, 2004a; Renema 2003).

Tabla 2. Efecto del nivel y origen del selenio de la dieta sobre parámetros reproductivos en reproductoras pesadas (Adaptado de Ranema, 2004)

MORTALIDAD EMBRIONARIA Y TRIAJE			PARÁMETROS REPRODUCTIVOS			
	Día 1 - 14, %	Día 15- Nac., %	Fertilidad, %	Incubabilidad, %	Nac. de fértiles %	Nº pollitos producidos
Sin Se	5,33	3,66	86,9	77,9	88,6	131,3
Selenito	3,72	3,85	90,1	82,5	91,5	139,1
Sel-Plex	3,52	3,14	90,1	83,5	92,5	145,3

Recientemente se han realizado en Brasil dos experimentos con reproductoras pesadas. En el primer estudio, realizado en una granja integrada en el estado de Sao Paulo 42.000 reproductoras Cobb se dividieron en dos grupos y se alojaron en 4 granjas (Rutz et al., 2003). El grupo control se alimentó con una dieta base maíz-soja que contenía 0,5 ppm de Se en forma de selenito sódico, mientras que en la dieta experimental la dieta de selenito sódico se reemplazó por 0.3 ppm de Sel-Plex y las aves continuaron con estas dietas durante todo el periodo de puesta. En la segunda prueba, realizada en el estado de Paraná se utilizaron 15.270 reproductoras Cobb. La dieta control se suplementó con 0,2 ppm de Se en forma de selenito sódico y en la dieta experimental el selenito sódico se reemplazó por 0,3 ppm de Sel-Plex (Rutz et al., 2003). Los resultados indicaron que la sustitución del selenito sódico por Sel-Plex proporcionó 1-2 pollitos más por gallina alojada. Resultados similares fueron obtenidos por Renema (2004) mostrando un incremento de la producción de huevos a las 49-58 semanas y los pollitos producidos por gallina alojada (Tabla 2) a consecuencia de la sustitución de 0,3 ppm de selenito sódico por la misma cantidad de Sel-Plex. Recientemente, se ha demostrado que la mortalidad embrionaria en huevos puestos por reproductoras pesadas de 23 semanas de edad era mayor en la primera y última semana de incubación y se reducía significativamente al aumentar la edad de la manada. En las reproductoras de 27 semanas de edad la mortalidad en la tercera semana de incubación del huevo fue del 3,5%, y 10,6% en las reproductoras suplementadas con aceite de soja y aceites de pescado (Pappas et al., 2005c). La inclusión de Sel-Plex (0,4 ppm) en las dietas disminuyó la mortalidad al 3,1 y 6,2 respectivamente.

Desafortunadamente no hay datos disponibles sobre las necesidades de Se en reproductoras de puesta en condiciones comerciales. Además, un mayor porcentaje de producción de huevos y un menor consumo de pienso en las reproductoras de puesta indican que sus necesidades de Se podrían ser similares o incluso superiores a las de las reproductoras pesadas. Parece probable que 0,3 ppm de Se en forma de Sel-Plex podrían también ser eficaces en la dieta de las reproductoras de puesta. Sin embargo, hace falta más investigación y pruebas comerciales para dirimir esta cuestión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cantor, A.H., [Paton, N. D.](#), [Pescatore, A. J.](#), [Ford, M. J.](#) and [Smith, C. A.](#) (2003). *Krmiva. Hrvatsko Agronomsko Drustvo*, Zagreb, Croatia, **45**: 327-334.
- Cantor, A.H. (1997). *Proceedings of 13th Alltech's Annual Symposium*, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 155-164.
- Edens, F.W. and Sefton, A.E. (2003). *Poster presented at Alltech's 19th Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*, Lexington, Ky, May 12-14, 2003, CD-ROM.
- Karadas, F., Surai, P.F., Pappas, A.C., Villaverde, C. and Sparks, N.H. (2004). *British Poultry Science*, **45** (Suppl. 1): S57-S58.



- Karadas, F., Surai, P.F., Pappas, A.C., Dvorska, J.E., Sparks, N.H.C. (2004a). *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Symposium* (Suppl. 1), May 22-26, 2004, Lexington, Kentucky, USA, p. 21.
- Karadas, F., Pappas, A.C., Surai, P.F., Speake, B.K. and Sparks, N.H.C. (2005). *Proceedings of the 21<sup>st</sup> Annual Symposium* (Suppl.1) May 22-25, Lexington, Kentucky, USA. Abstracts of Posters Presented. P.56.
- Koutsos, E.A., Clifford, A.J., Calvert, C.C. and Klasing, K.C. (2003). *Journal of Nutrition*, **133**:1132-1138.
- National Research Council (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9<sup>th</sup> Edn, Washington DC. National Academy Press, pp. 44-45.
- Pappas, A.C., McDevitt, R.M., Surai, P.F., Acamovic, T. and Sparks, N.H. (2004). *British Poultry Science*, **45** (Suppl 1): S26-S27.
- Pappas, A.C., McDevitt, R.M., Surai, P.F., Acamovic, T. and Sparks, N.H.C. (2004a). *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Symposium* (Suppl. 1), May 22-26, 2004, Lexington, Kentucky, USA, p. 17.
- Pappas, A.C., Acamovic, T., Sparks, N.H.C., Surai, P.F., and McDevitt, R.M. (2005). *British Poultry Science*, **1**: 14-15.
- Pappas, A.C., Karadas, F., Surai, P.F., Speake, B.K. and Sparks N.H.C. (2005a). *British Poultry Science* **1**: 56-57.
- Pappas, A.C., Acamovic, T., Sparks, N.H.C., Surai, P.F., and McDevitt, R.M. (2005b). *British Poultry Science*, **1**: 57-58.
- Pappas, A.C., Acamovic, T., Sparks, N.H.C., Surai, P.F., and McDevitt, R.M. (2005c). *Book of Abstracts. Tema12, 12<sup>th</sup> International Symposium on Trace Elements in Man and Animals*, 19-23 June, 2005, p.12.
- Papas, A.P., McDevitt, R.M., Surai, P.F., Acamovic, T. and Sparks, N.H.C. (2005d). *Poultry Science*, **84**: 865-874.
- Paton, N.D., Cantor, A.H., Pescatore, A.J. Ford, M.J. and Smith, C.A. (2002). *Poultry Science*, **81**: 1548-1554.
- Renema, R.A. (2003). *Poultry Science*, **82** (Suppl. 1): 51.
- Renema, R.A. (2004). *Proceedings of 20<sup>th</sup> Alltech's Annual Symposium*, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 81-91.
- Renema, R.A. and Sefton, A.E. (2004a). *Book of Abstracts XXII World's Poultry Congress*, 8-13 June, 2004, Istanbul, Turkey, p.521.
- Rutz, F., Pan E.A., Xavier, G.B. and Ancuti, M.A. (2003). *Proceedings of 19<sup>th</sup> Alltech's Annual Symposium*, Edited by Lyons, T.P. and Jacques, K.A., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 147-161.
- Sefton, A.E. and Edens, F.W. (2004). *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Symposium* (Suppl. 1), May 22-26, 2004, Lexington, Kentucky, USA, p. 33
- Sefton, A.E. and Edens, F.W. (2004c). *Book of Abstracts XXII World's Poultry Congress*, 8-13 June, 2004, Istanbul, Turkey, p.257.
- Surai, P.F. (2002). *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction*. Nottingham University Press, Nottingham.