

Antonio Flores Miñambres
Poultry Research Centre

INTRODUCCIÓN

Uno de los cambios universalmente aceptados en la definición de programas de investigación, tanto oficiales como privados, es que éstos deben ser diseñados de acuerdo con las necesidades de la Sociedad. Lejos quedaron los tiempos en los que el investigador de prestigio podía decidir los temas o programas que deseaba investigar, en función de sus preferencias o su formación específica.

Por otro lado, la evolución y el desarrollo del conocimiento en las últimas décadas ha sido espectacular en todos los ámbitos. Si nos centramos en la producción avícola, el grado de conocimiento en todas las disciplinas implicadas: genética, nutrición, patología, microbiología, manejo, etc. es tan grande que incluso existen dudas sobre la necesidad de seguir invirtiendo en el campo de la investigación avícola.

No hace mucho tiempo, la motivación principal del trabajo investigador de la ganadería productiva era conseguir la máxima eficacia en la producción. En tal sentido, establecer los requerimientos nutricionales de la genética con la que se trabajaba, valorar las materias primas y definir sus límites de uso en la matriz de formulación, estudiar todos los aditivos existentes que potencialmente mejoraran los parámetros productivos y evitaran problemas de todo tipo, adaptar las tecnologías existentes a la producción de piensos y correctores, mejorar las condiciones ambientales de nuestras granjas, etc. eran los parámetros en los que exclusivamente nos centrábamos.

Los episodios acaecidos en los últimos años, tales como: BSE, dioxinas, nuevos brotes de glosopeda y peste porcina clásica,

contaminación por Salmonella, Campilobacter, Listeria, etc. acompañados por el efecto del enorme poder de difusión de los medios de comunicación, han originado un cambio profundo en la percepción que los consumidores finales tienen de los productos alimenticios. La sociedad occidental ya no sólo demanda el suministro de alimentos baratos, sino que exige alimentos de la máxima calidad y sin ningún riesgo para su consumo y se interesa, cada vez más, por la forma y los medios en que esos alimentos son producidos, reclama la utilización de productos naturales y es extremadamente sensible a todas las informaciones que aparecen en los medios de comunicación.

Como consecuencia de todo ello, el "motor" que va a guiar la investigación en los inicios del siglo XXI se va a centrar fundamentalmente en la calidad y seguridad alimenticia.

Otro aspecto importante en el que me voy a centrar en esta presentación, es la interrelación cada vez más estrecha entre la nutrición y otras disciplinas. No se pueden entender las respuestas nutricionales sin conocer más profundamente las influencias de todo el conjunto de nutrientes que hoy manejamos sobre los aspectos fisiológicos, metabólicos, microbiológicos, de comportamiento, de manejo, de contaminación y económicos, como un conjunto totalmente integrado.

LOS RETOS DE LA NUTRICIÓN Y DE LA PRODUCCIÓN EN LA AVICULTURA DE PUESTA.

Para realizar un estudio prospectivo del futuro desarrollo a corto plazo en la producción ganadera en general, y en la avi-

cola de puesta en particular, se tendrían que abordar al menos tres aspectos fundamentales: Las posibilidades de aplicación práctica de los últimos avances científicos de la nutrición animal; las limitaciones que se van a imponer en la producción por parte de los grupos de presión y de la Política Agraria Común (PAC) y de los acuerdos que se adopten por parte de la Organización Mundial del Comercio (WTO) en cuanto a la libertad de movimiento de las mercancías en general y de los productos avícolas en particular.

La nutrición animal tendrá que hacer frente a una serie de cambios y, dependiendo de cómo la producción aborde estos cambios, podremos predecir los caminos y los retos que nos aguardan en el futuro.

Según M. Verstegen y S. Tamminga de la Universidad de Wageningen de Holanda, los principales retos que la nutrición animal tiene que abordar en el futuro próximo estarían:

- El desarrollo de modelos mecanísticos y nuevos sistemas de evaluación de los alimentos, basados en disponibilidad de nutrientes y no solo en proteína y energía, y cómo incorporar los nuevos conocimientos sobre las reacciones de los animales a la nutrición en estos modelos mecanísticos.
- El desarrollo y aplicación de sistemas nutricionales que no comprometan el bienestar animal y las normas éticas.
- La identificación e investigación de los componentes del alimento que tengan actividad biológica.
- Identificación del papel que el tracto gastro-intestinal pueda tener tanto como sistema digestivo como sistema o barrera de defensa del mundo exterior.

- Investigación de la fracción de hidratos de carbono englobada bajo el nombre genérico de polisacáridos no amiláceos (PNA), con respecto a su influencia sobre la actividad de la microflora. En definitiva, como puede manipularse el confort intestinal mediante la manipulación de estos componentes nutricionales.
- La mejora de la predicción del funcionamiento del tracto gastrointestinal mediante la mejora de la eficacia de las técnicas "in vitro".
- El desarrollo de estrategias nutricionales que influyan específicamente sobre la actividad del tracto gastrointestinal, órganos o tejidos específicos.
- Con respecto a los factores que más van a influir en la producción en los próximos años, principalmente a nivel de la UE, los incidentes ocurridos últimamente, con la tremenda difusión a través de los medios de comunicación, nos dan claramente la pauta de las dificultades y de los retos que el sector productivo tiene que asumir.

Entre todos ellos podríamos resumir como los más importantes, los siguientes:

- La prohibición del empleo de todos los promotores de crecimiento con actividad antibiótica.
- La posible prohibición de todos los coccidiostáticos de naturaleza química o ionófora.
- Las normas cada vez más rígidas sobre el bienestar animal
- La seguridad alimenticia, tanto a nivel químico (dioxinas) como microbiológico (Salmonela, Campilobacter, Listeria).
- La prohibición del empleo de harinas de procedencia animal (BSE).
- El empleo de aditivos obtenidos a través de la biotecnología.

- El uso de materias primas mejoradas mediante la manipulación genética.
- La contaminación ambiental.
- Las demandas de los consumidores de alimentos funcionales, así como de características organolépticas diferentes.

Por consiguiente, los programas de investigación aplicada de los próximos años deberán enfocarse a resolver los problemas enumerados anteriormente, utilizando para ello las técnicas desarrolladas mediante la investigación científica básica.

A continuación analizaremos de forma resumida la situación actual en cada uno de los apartados anteriores y de las investigaciones realizadas en su caso por el PRC de Nutreco.

ALTERNATIVAS A LOS ANTIBIÓTICOS

A partir del informe Swann de 1969, se abrió un profundo debate en Europa sobre los peligros potenciales que para la salud humana implicaba la utilización continuada y masiva de los promotores de crecimiento con actividad antibiótica (AGP). Se argumentaba por parte de la comunidad científica que el uso continuado de antibióticos podría provocar resistencias cruzadas de los mencionados antibióticos a los microorganismos patógenos para humanos.

En 1986, el gobierno sueco fue el primero en tomar la decisión de prohibir el uso de todos los promotores de crecimiento con actividad antibiótica. Esta decisión provocó, en primera instancia, un aumento significativo del empleo en las granjas de antibióticos con fines terapéuticos, aunque la mejora subsiguiente de las medidas de higiene y manejo redujo su utilización hasta los niveles anteriores a la prohibición. Las presiones recibidas por los organismos competentes de la UE ha conducido a la prohibición de todos los AGP

excepto Avilamicina y Flavomicina, aunque existen sospechas fundadas de que esta prohibición se extenderá no sólo a todos los AGP, sino incluso a todos los coccidiostáticos.

Las primeras consecuencias ya se han hecho notar en el campo, con un aumento sensible de la incidencia de enteritis necrótica en broilers debido a una mayor proliferación de microorganismos tipo *Clostridium*.

En ponedoras este efecto se ha traducido en un aumento de la incidencia de procesos colibacilares, sobre todo al principio de la puesta. El problema es especialmente grave en ponedoras, ya que el empleo de antibióticos a nivel terapéutico obliga a la retirada para el consumo de todos los huevos producidos durante el periodo legal prescrito.

Esto ha obligado a los centros de investigación, tanto oficiales como privados, a desarrollar de forma urgente programas de investigación para encontrar soluciones a estos problemas.

Las soluciones deben buscarse a través de diversos campos y/o disciplinas y sólo con la aplicación inteligente de todas ellas se encontrará la solución ideal. De entre ellas se podría destacar:

- Mejoras de las condiciones medioambientales: Temperatura, higrómetros, ventilación, densidad.
- Mejoras de las medidas higiénico sanitarias: Programas de vacunación específicas, programas estrictos de limpieza, control de visitas externas, vacíos sanitarios adecuados, control de parásitos y roedores, etc.
- Modificaciones en los programas de alimentación y en los niveles de nutrientes de los piensos, así como en las limitaciones de las materias primas a utilizar. En este sentido, una reducción en la concentración de determinados nutrientes, principalmente proteína, puede ayudar a disminuir la presión sobre el tracto gastrointestinal.
- La utilización de materias primas altamente digestibles evitará la acumulación de materia orgánica sin digerir en los ciegos de las aves y como consecuencia, evitará una carga microbiana no deseable.
- Profundización en el estudio de la fibra en la alimentación de las aves. Tradicionalmente, la fibra se ha considerado como un factor antinutricional para las aves, debido a su influencia negativa sobre la digestibilidad de otros nutri-



entes. Con el mejor conocimiento de las distintas fracciones y tipos de fibra, se podrá optimizar su utilización para lograr un mejor confort intestinal.

- Investigación sobre aditivos no antibióticos, campo en el que en estos últimos años se ha desarrollado una actividad frenética.

Dentro de este último apartado, podríamos realizar un primer intento de clasificación como sigue:

- a) Productos enzimáticos, de los cuales los de contenido glucanásico, xilanásico y fitásico están perfectamente desarrollados para cebadas, trigos y fósforo fítico. El interés se dirige actualmente a desarrollar complejos enzimáticos que hidrolicen o destruyan los polisacáridos no amiláceos y otros factores antinutricionales de la soja y de otras oleaginosas y leguminosas.
- b) Probióticos: microorganismos o sustancias que contribuyen a mantener una flora intestinal "normal" (Parker, 1974). Son principalmente bacterias, hongos y levaduras. Los probióticos fueron introducidos hace años en el mercado como sustitutos de los antibióticos. Sin embargo, su efecto en aves no ha sido consistente, y como consecuencia, se han creado incertidumbres y escepticismos que han frenado considerablemente el desarrollo de estos productos.
- c) Prebióticos: Se definen como productos, normalmente oligosacáridos, no hidrolizables por el sistema enzimático endógeno del animal, pero que son utilizados por la flora beneficiosa del animal como fuente de energía. Se ha comprobado que ciertos oligosacáridos, principalmente mananoligosacáridos (MOS) inhiben la fijación en la pared intestinal de ciertos tipos de bacterias.
- d) Acidificantes: Los ácidos orgánicos

tienen una acción bacteriostática fuerte, lo que los hace muy adecuados como agentes conservantes en la alimentación humana. Han sido utilizados con éxito en los piensos de lechones para prevenir desordenes digestivos. Los efectos positivos de los ácidos orgánicos pueden explicarse por mecanismos diferentes: Al contrario que los ácidos inorgánicos, se absorben fácilmente por la pared celular de las bacterias, rompiendo la estructura del DNA y evitando así su proliferación. Otro mecanismo es la bajada del pH en el estómago. En pollos y ponedoras, la reducción del pH solo ha resultado ser importante en el buche y las investigaciones se dirigen ahora a buscar la forma de proteger estos ácidos para que sean liberados directamente en el intestino delgado. Las técnicas de encapsulación, para tener éxito, tienen que resistir todos los procesos de fabricación y ser capaces de liberar el producto activo en el lugar adecuado.

- e) Aceites esenciales: Son productos volátiles extraídos de plantas naturales. Han sido utilizados en alimentación humana durante muchos años con el objeto de cambiar o enmascarar los sabores y para mejorar la digestión de los alimentos. Informes aparecidos recientemente en la bibliografía explican su acción bacteriostática y fungistática y existen indicaciones de que incrementan la producción de jugos digestivos, lo que también provoca una acción bacteriostática.

Las investigaciones que se están realizando actualmente en nuestro centro de investigación han probado que algunos de ellos pueden ser una alternativa prometedora a los promotores de crecimiento. En los trabajos realizados en el PRC en ponedoras, se ha demostrado

un efecto positivo sobre los parámetros de calidad del huevo.

- f) Extractos vegetales: Se trata de extractos de plantas con marcado carácter antimicrobiano, como por ejemplo, extractos de ciertas rutáceas, orégano, ajo, canela, taninos de la uva, romero, clavo, etc.
- g) Oligoelementos: Es bien conocida la actividad bacteriostática de algunos oligoelementos como el cinc y el cobre. Algunas compañías especializadas han desarrollado un ingente trabajo de experimentación para tratar de demostrar su eficacia ya sea en forma de sales o mejor aún en forma de minerales quelados con proteínas o aminoácidos, principalmente metionina.
- h) Vitaminas: Principalmente aquellas que manifiestan un marcado carácter protector de las membranas y de prevención de los procesos oxidativos, como las vitaminas E, y C.
- i) Otros aditivos: Englobamos aquí, productos con actividades diversas, como por ejemplo, inmunoestimulantes, hepatoprotectores, donantes de grupos metilo (metionina, colina y betaina), emulsionantes, reguladores metabólicos y otros.

COMPORTAMIENTO Y BIENESTAR ANIMAL

Tradicionalmente, el objetivo básico de la producción ganadera era la mejora de la productividad tanto técnica como económicamente. Sin embargo, con el aumento del nivel de vida de los países desarrollados, principalmente de los países del norte de Europa, el simple suministro de alimentos ha pasado a un segundo plano. Factores como la calidad, seguridad alimenticia y las normas éticas relacionadas con el modo de crianza de los animales ocupa hoy en día el primer lugar de las posiciones críticas de los consumidores. Todo ello está llevando a modificar de una forma lenta pero constante la legislación vigente en relación al manejo, la genética, la alimentación, el transporte y el sacrificio de los animales (Farm Animal Welfare Council, 1997; Göranson, 1997; Martrenchar, 1999).

Entender las pautas del comportamiento alimenticio de las aves es importante para considerar la nutrición en un contexto más amplio. La ingesta del alimento y los factores que la regulan son en definitiva el factor determinante de los resultados de producción.

Las técnicas de observación mediante



videos en cámara lenta (etovisión) (Picard, INRA) pueden contribuir a entender mejor los mecanismos mediante los cuales las aves se acercan al alimento, detectan su forma y textura y aceptan o rechazan determinadas partículas.

La naturaleza física del alimento, en términos de granulometría, tipo de molienda, tamaño de gránulo, procesos de extrusión y expansión etc., tiene una influencia radical sobre la ingesta, y por lo tanto la composición nutricional del alimento tendrá que estar en consonancia con aquella.

Otro ejemplo interesante de la relación entre ingestión y nutrición lo constituye el papel del triptófano. En este sentido, el triptófano es un precursor de la serotonina, un neurotransmisor químico, y como tal influye positivamente sobre la ingesta voluntaria de alimento. Así mismo, el triptófano ha mostrado tener un efecto relajante en los pollos y reducir los problemas de picaje (Shea et al., 1990).

La nutrición tiene un impacto importante sobre el bienestar, y los programas de alimentación tienen una influencia notable sobre el alivio y prevención de los problemas de tipo metabólico.

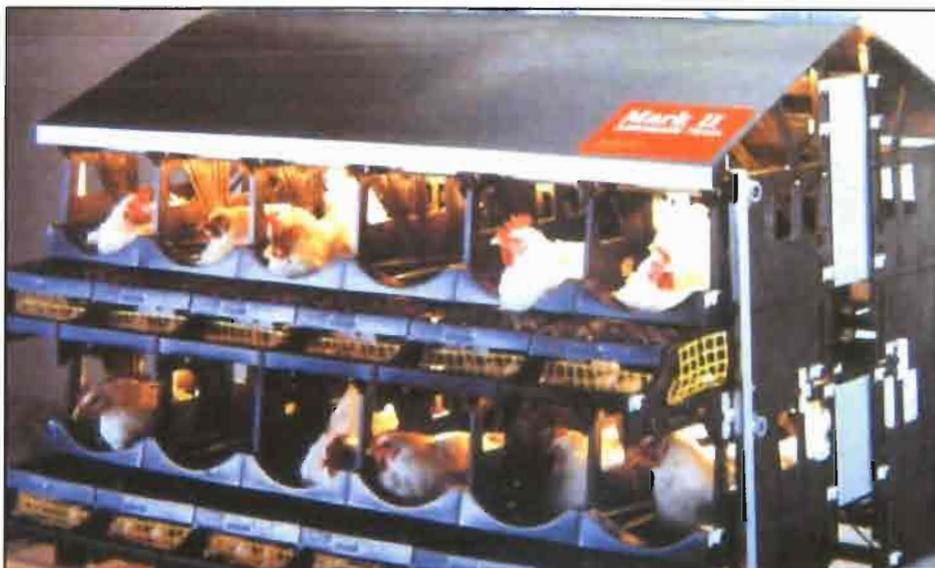
Por otra parte, cada día son más fuertes las presiones de los grupos ecologistas en la UE para modificar e incluso suprimir los sistemas de producción intensiva. Jaulas enriquecidas para ponedoras, supresión de todo tipo de aditivos no "naturales", sistemas de producción "biológica"... Todos estos retos tendrán que ser abordados por la investigación para adaptar los programas de alimentación a las nuevos requerimientos nutricionales.

LA ALIMENTACIÓN Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La nutrición de las aves está muy interrelacionada con el medio en el que estén alojadas. La termorregulación es dependiente del balance entre el calor producido por el ave y el calor perdido. Por lo tanto, la temperatura y la humedad del aire influyen en la utilización de la energía y en la ingesta de alimento.

Mediante modelos matemáticos se puede predecir la composición óptima de la dieta en un rango de condiciones variable. Sin embargo, las respuestas predichas por los modelos se alejan con frecuencia de la realidad.

La respuesta al estrés por golpe de calor sigue siendo uno de los problemas que necesitan una solución satisfactoria.



Algunos nutrientes, especialmente vitamina C y vitamina E han demostrado cierta eficacia contra el estrés por golpe de calor. Sales como bicarbonato de sodio y cloruro amónico son utilizadas de forma rutinaria en pollos y ponedoras en épocas de calor. Pero muchos de los aspectos fisiológicos y metabólicos relacionados con los factores de estrés quedan aún por ser elucidados.

Otro aspecto importante relacionado con el medio ambiente es el de la lixiviación de los suelos causada por las deyecciones animales. En los países del norte de Europa, este problema es extraordinariamente grave y se ha estudiado en detalle. Encontrar el equilibrio entre las necesidades de fósforo y nitrógeno de las aves y la contaminación del suelo seguirá siendo tema de estudio en el futuro próximo. Diversos investigadores han demostrado que se puede reducir la contaminación del suelo por nitrógeno, amoníaco, fósforo, sodio, cinc, cobre y otros micro minerales entre un 20 y un 90% mediante modifica-

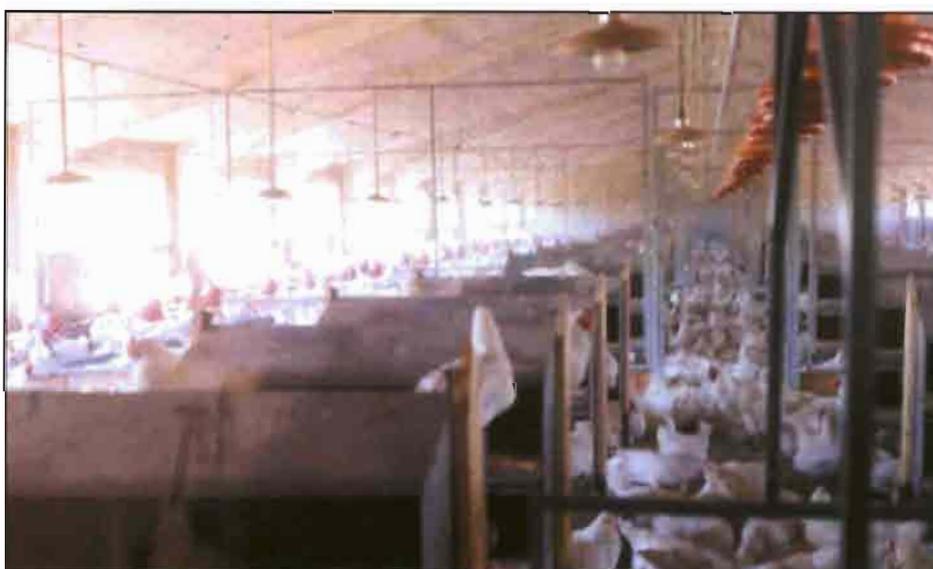
ciones de la dieta compatibles con la economía de la producción (Kornegay, 1996; Nahm, 2000).

LA INVESTIGACIÓN Y LAS DEMANDAS DEL CONSUMIDOR

Decíamos al comienzo de este trabajo que los programas de investigación deben de estar orientados a lo que la sociedad demanda.

Con la mejora del nivel de vida, el consumidor europeo está más preocupado por la calidad que por la cantidad de lo que consume. El poder de los medios de comunicación, unido al desconocimiento y al miedo, ha llevado al desarrollo de paranoias, muchas veces alejadas de la realidad (Miles y Frewer, 2001).

El objetivo político actual es adaptar la producción de alimentos a las exigencias de los consumidores asegurando un suministro seguro, duradero y económicamente viable (Thurham y Roberts, 2001). Por lo tanto, es absolutamente prioritario





estudiar la influencia de la alimentación sobre la calidad de los productos ganaderos.

En la avicultura en general, un tema que ha suscitado un gran interés en estos últimos años ha sido los denominados alimentos funcionales. Los alimentos funcionales son aquellos que además de suministrar al organismo los nutrientes inherentes a su composición, proporcionan otros componentes químicos que ayudan a prevenir ciertas enfermedades, como por ejemplo, la arteriosclerosis, enfermedades coronarias, obesidad, cáncer y otras enfermedades metabólicas. Lógicamente, esta posibilidad ha originado un interés inusitado en el mercado a la vez que una gran desinformación por falta de datos fidedignos, procedentes de investigaciones serias.

Destacaremos aquí tres áreas de gran interés en la producción de huevos: el contenido en colesterol; la relación entre los ácidos grasos de la serie n-3 y n-6, y el CLA.

El tema del contenido de colesterol en los huevos ha sido objeto de gran controversia en la comunidad científica en los últimos 20 años, provocando graves perjuicios a la productores. Como consecuencia de la mala prensa de entonces, el consumo de huevos por habitante en España ha pasado a ser de unas 320 unidades por persona en el año 1983 a 200 unidades en el año 2000. Otra vez más, el esfuerzo de la investigación ha ayudado a situar el problema en su verdadera dimensión.

En primer lugar habría que destacar que el colesterol es una molécula de naturaleza lipídica y como tal sólo se encuentra en la fracción grasa de los productos animales. En el caso del huevo, el colesterol se encuentra en la yema; por lo tanto, el

contenido absoluto del mismo dependerá del peso total del huevo y de la proporción de yema y albúmen. La relación yema-albúmen se podría modificar tanto con medios nutricionales como industriales. Numerosos productos han sido testados en los últimos años, con resultados tremendamente variables y las reducciones obtenidas en ningún caso llegan a más de un 10%, lo que a nivel práctico carece de importancia.

Hoy en día, los riesgos del colesterol se relacionan más con el equilibrio entre la producción endógena y la aportación externa; además, el metabolismo individual y la fracción de colesterol predominante son un factor clave. La fracción HDL se considera incluso favorable para la salud, mientras que la fracción LDL es el mejor indicador del riesgo cardiovascular.

En cuanto al perfil de ácidos grasos de la yema del huevo, se han publicado una gran cantidad de artículos científicos en los últimos años. Es bien conocido que el perfil de ácidos grasos de los productos animales puede modificarse en función del perfil de ácidos grasos de la dieta. En este

sentido, los trabajos realizados por Sanz *et al.* (1999) y Grobas *et al.* (1997 y 2001) muestran la posibilidad de modificar del perfil de ácidos grasos de los huevos y de la carne de pollo, particularmente en lo referente a los ácidos grasos de 18 átomos de carbono y poliinsaturados marinos (EPA y DHA). Se ha argumentado que un aumento en la ingesta de las personas de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente DHA y EPA, reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Se han testado muchas alternativas para enriquecer los huevos en grasas con una relación n-3/n-6 adecuada. Entre ellas destacaríamos: el aceite de oliva, aceite de girasol rico en ácido oleico, diversos tipos de algas, aceite y semilla de lino, aceites de pescado, aceite de linaza. Hay que tener cuidado, no obstante, en los posibles efectos colaterales negativos con el empleo de algunas materias primas, como por ejemplo: la semilla de lino, por su efecto depresor del consumo en las ponedoras o ciertos aceites de pescado por el sabor que pueden dar a los huevos.

Otro aspecto importante relacionado con la composición lipídica del huevo es su influencia sobre los procesos de inmunidad, el metabolismo de los nutrientes y fertilidad de las reproductoras pesadas. También se ha estudiado (Allen *et al.*, 1996) la influencia de los ácidos grasos n-3 sobre el número de lesiones cecales debida a una infección controlada de *Eimeria Tenella*. El número de lesiones resultó ser significativamente inferior en el caso de dietas con aceite de pescado o de linaza. Este último aspecto tiene particular interés actualmente, cuando se está discutiendo en la UE la posibilidad de prohibir los anticoccidiostáticos de tipo químico y ionóforo.

Por último, mencionaremos el ácido





linoleico conjugado (CLA). El ácido linoléico conjugado fue identificado como un agente carcinogénico en la carne de buey asada (Pariza *et al.*, 1979). El CLA es una mezcla de cuatro isómeros derivados del ácido linoleico. Está presente en la naturaleza, principalmente en los productos animales y la máxima concentración se encuentra en la carne de los rumiantes, el pavo contiene cantidades similares a los rumiantes (2,5 mg/g grasa). Los productos lácteos (leche, mantequilla, yogurt, queso fresco) también contienen cantidades importantes, entre

0,24 y 4,8 % (Parodi, 1977).

Se han encontrado respuestas positivas al CLA contra los tumores cancerígenos. Aunque los ácidos de la serie n-3 tiene efectos similares, parece ser que el efecto del CLA es más eficiente. Si el CLA actúa por sí mismo o por medio de sus metabolitos, es un aspecto que queda por ser elucidado.

El CLA también ha mostrado efectos positivos en casos de arterioesclerosis, reducción del colesterol y mejora de la relación HDL/LDL en la sangre.

Efectos positivos del CLA se han observado también en la producción avícola. En el caso de las ponedoras, se ha observado un incremento en el número y peso de los huevos, a un nivel de incorporación de 1% CLA para gallinas jóvenes y del 2,5% en gallinas viejas. Chamruspollert y Sell (1999), alimentando ponedoras con una dieta que contenía 5% de CLA, encontraron que los lípidos de los huevos producidos contenían un 11% de CLA. El incremento del nivel de CLA se realizaba a expensas de los niveles de colesterol, ácido linoleico y ácido araquidónico. La relación yema / albumen aumentaba a medida que el nivel de CLA aumentaba.

En resumen, los huevos procedentes de gallinas alimentadas con niveles de un 5% de CLA podrían ser una buena fuente de CLA para humanos. Se ha estimado (Ip *et al.*, 1994) que una persona de 70 kg. debería consumir 3 g de CLA diarios para obtener los efectos beneficiosos del CLA. Si aceptamos que con una dieta con 5% CLA se incorpora un 15% de CLA en los lípidos de la yema, un huevo de 60 g. Suministraría un tercio de las recomendaciones diarias de CLA (3 g) para personas adultas.

REFERENCIAS

- Ahn, D.U., J.L. Sell, C. Jo, M. Chamruspollert, y M. Jeffrey, 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Science* 78:922-928.
- Allen, P.C.; H.D. Danforth, y O.A. Levander, 1996. Diets high in n-3 fatty acids reduce cecal lesion scores in chickens infected with *Eimeria tenella*. *Poultry Science* 75:179-185.
- Almirall, M., M. Francesh, A.M. Perez-Vendrell, J. Brufau, and E. Esteve-Garcia, 1995. The difference in intestinal viscosity produced by barley and betaglucanase alter digestive enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicken than in cocks. *Journal of Nutrition* 125:971-951.
- Black, J.L., 1995. Modelling energy metabolism in the pig – Critical evaluation of a simple reference model. Pp:87-102 *in*: P.J. Moughan, M.W.A. Verstegen and M.I. Visser-Reyneveld Eds: *Modelling Growth in the Pig*. Wageningen Press, The Netherlands.
- Chamruspollert, M., and J.L. Sell, 1999. Transfer of dietary conjugated linoleic acid to egg yolks of chickens. *Poultry Science* 78:1138-1150.
- Chin, S.F., W. Liu, J.M. Storkson, Y.L. Ha, and M.W. Pariza, 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid. A newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.*:185-197.
- Cook, M.E., C.C. Miller, Y Park, and M. Pariza, 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Science* 72:1301-1305.
- Cruickshank, E.M., 1934. Studies in fat metabolism in the fowl. 1. The composition of the egg fat and depot of fat of the fowl as affected by the ingestion of large amounts of different fats. *Biochemistry Journal* 28: 965-977.
- De Lange, C.F.M. and M.F. Fuller, 2000. Advances in feed evaluation for pigs. Pp.221-241 *in*: Moughan, P.J., M.W.A. Verstegen, M.I. Visser-Reyneveld Eds. *Feed Evaluation, Principles and Practice*. Wageningen Press, The Netherlands.
- De Lange, C.F.M., 2000. Characterization of non-starch polysaccharides. Pp. 77-92 *in*: Moughan, P.J., M.W.A. Verstegen, M.I. Visser-Reyneveld Eds. *Feed Evaluation, Principles and Practice*. Wageningen Press The Netherlands.
- Du, M., D.U. Ahn, and J.L. Sell, 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the composition of egg yolk lipids. *Poultry Science* 78:1639-1645.
- Farm Animal Welfare Council, 1997. Report on the welfare of laying hens. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (HMSO). London, UK (82 pp.).
- Gibson, G.R. and M.B. Roberfoid, 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition* 125:1401-1412.
- Givens, D.I., B.R. Cottrill, M. Davies, P.A. Lee, R.J. Mansbridge y A.R. Moss, 2000. Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets. A review. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B* 70:1-19.
- Göransson, L., 1997. Alternatives to antibiotics – The influence of new feeding strategies for pigs on biology and performance. Pp. 45-48 *in*: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds. P.C.Garnsworthy y J. Wiseman. Nottingham University Press, UK.
- Grobas, S., 1997. Influencia de la nutrición sobre el tamaño y la calidad interna del huevo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Grobas, S., J. Méndez, R. Lázaro, C. De Blas y G.G. Mateos, 2001.

- Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science* 80:1171-1179.
- Halle, I., 1999. Influence of dietary n-3 fatty acids on the fertility of broiler breeder hens, hatchability and on the growth of progeny. *Proceedings 12th European Symposium on Poultry Nutrition*. Veldhoven, Países Bajos. (Pp. 65).
- Hargis, P.S. y M.E. Van Elswyk, 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and egg for health conscious consumer. *World's Poultry Science* 49: 251-264.
- Herber, S.M. y M.E. Van Elswyk, 1996. Dietary marine algae promote efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science* 75:1501-1507.
- Huurne, A.A. y C.H. Smits, 1999. Malabsorption syndrome: A model to evaluate intestinal health. *Proceedings 12th European Symposium on Poultry Nutrition*. Veldhoven, Países Bajos, (Pp.: 285-297).
- Ip, C., J.A. Scimeca, and H.J. Thompson, 1994. Conjugated linoleic acid: A powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer, Breast Cancer Research: Current issues-future directions* 74:1050-1054.
- Ip, C., S.P. Briggs, A.D. Haegele, H.J. Thompson, J. Storkson, and J.A. Scimeca, 1996. The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. *Carcinogenesis* 17:1045-1050.
- Kaldhusdal, M.I., 1999. Necrotic enteritis as affected by dietary ingredients. *Proceedings 12th European Symposium on Poultry Nutrition*. Veldhoven, Países Bajos (Pp.:301-310).
- Langhout, D.J., 1998. Role of microbiota as affected by non-starch polysaccharides in broiler chicks. Ph.D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Mateos, G.G.; S. Grobas, S. Salado, y M.A. Latorre, 1999a. Nutrición y calidad de los productos avícolas: Contenido en colesterol y modificación del perfil lipídico. Pp. 155-166 in: XXXVI Reunión Anual Sociedade Brasileira de Zootecnia. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Mateos, G.G.; P. Rey, S. Santos, y R. Lázaro, 1999b. Ácidos orgánicos en alimentación animal. Modo de acción y utilización práctica. FEDNA. Madrid (31 pp.).
- Mateos, G.G. y R. Lázaro, 2001. Implicaciones y consecuencias generales de la prohibición de productos animales y restricción de aditivos; Nuevas tendencias en producción avícola. XXXVIII Symposium Científico de Avicultura, España.
- Miller, C.C., Y Park, M.W. Pariza, and M.E. Cook, 1994. Feeding conjugated linoleic acid to animals partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injection. *Biochemistry and Biophysics Research Communications*, 198:1107-1112.
- Minekus, M., 1998. Development and validation of a dynamic model of the gastrointestinal tract. Ph.D. Thesis. University of Utrecht, The Netherlands.
- Naber, E.C., 1993. The cholesterol problem, the egg and lipid metabolism in the laying hen. *Poultry Science* 55:14-30.
- Noble, R.C., 1998. Manipulation of the nutritive value of eggs. Pps. 49-66 in: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P.C. y J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, UK.
- Nyachoti, C.M., J.L. Atkinson, and J. Leeson, 1991. Sorghum tannins – A review. *World Poultry Science Journal* 53:5-21.
- Pariza, M.W., 1997. Conjugated linoleic acid, a newly recognized nutrient. *Chem. Ind.* 12:464-466.
- Park, G.B., J.I. Lee, T.S. Park, J.H. Kim, T.S. Shin, S.J. Kang, Y.L. Ha, and S.T. Joo, 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on cholesterol and CLA content of egg yolk. *Korean Journal Animal Science* 41:65-74 (Abstr. 2521).
- Park, Y., K.J. Albright, W. Liu, J.M. Storkson, M.E. Cook, and M.W. Pariza, 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32:853-858.
- Penz, M. (1998) Avances en la alimentación de monogástricos: Aves. Pp. 243-260 in: XIV Curso de Especialización FEDNA. Eds. P.G.Rebollar, C.de Blas y G.G. Mateos. FEDNA. Madrid.
- Roche, H.M., 1999. Unsaturated fatty acids. *Proceedings of the Nutrition Society* 58: 397-401.
- Sanz, M., A. Flores, y C. López-Bote, 1999. Effect of fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid oxidation. *Poultry Science* 78:378-382.
- Scanes, C.G., 1997. Prospects for biological research in poultry. *World's Poultry Science Journal* 53:49-58.
- Scheele, C.W., 1996. Ascites in chickens. Ph.D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Scheele, C.W., M.W.A. Verstegen, R.P. Kwakkel, R.A. Dekker and C. Kwakernaak 1999. Towards a new net energy system for poultry in The Netherlands. *Proceedings 12th European Symposium on poultry Nutrition*, Veldhoven, The Netherlands Branch of WPSA 399-407.
- Schleifer, J., 1995. Malabsorption in broilers. *Poultry International* 34:80-84.
- Smits, C.H.M., 1996. Viscosity of dietary fiber in relation to lipid digestibility on broiler chicken. Ph.D. Thesis Wageningen University, The Netherlands.
- Soto Salanova, M.F., 2000. Conjugated linoleic acid: A new nutrient? *Nutreco Internal Review*.
- Swann Committee Report, 1969. The use of antibiotics in animal husbandry and veterinary medicine. CMND 4190. Ed. HMSO. London, UK (39 pp.).
- Thomas, P.C., 2001. Meeting requirements and consumer demands. Pp. 1-23 in: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds. P.C. Garnsworthy y J. Wiseman. Nottingham University Press, UK.
- Thomke, S. y K. Elwinger, 1998. Growth promoters in feeding pigs and poultry. III. Alternatives antibiotic growth promoters. *Annales Zootechnie* 47: 245-271.
- Thompson, J.L. y M. Hinton, 1997. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonellas in the crop. *British Poultry Science* 38: 59-65.
- Van Bruchem, J., M.W.A. Verstegen and S. Tamminga, 2000. From nutrient fluxes in animals to nutrient dynamics and health in animal production systems. Pp. 28-48 in: *Livestock-farming system. Integrating animal science advances into the search for sustainability*. Wageningen Press The Netherlands.
- Versteegh, H.A. y A.W. Jongbloed, 1999. Lactic acid has a positive effect on broiler performance. *World Poultry*:16-17.
- Verstegen M.W.A, y S. Tamminga, 2001. The practice of animal nutrition in the 21st Century.
- Vos, M.P.M., 1998. The impact of energy metabolism research on feed evaluation and animal feeding in the Netherlands. Pp. 20-28 in: *Proceedings 11th Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals*, EAAP publication nr. 43, PUDOC, Wageningen.
- Walton, J.R., 1996. Benefits of antibiotics in animal feed. Pp. 19-46 in: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds. P.C. Garnsworthy y J. Wiseman. Nottingham University Press, UK.
- Williams, P.E., 1997. *Poultry Production and Science: Future directions in nutrition*. *World's Poultry Science Journal* 43:33-48.