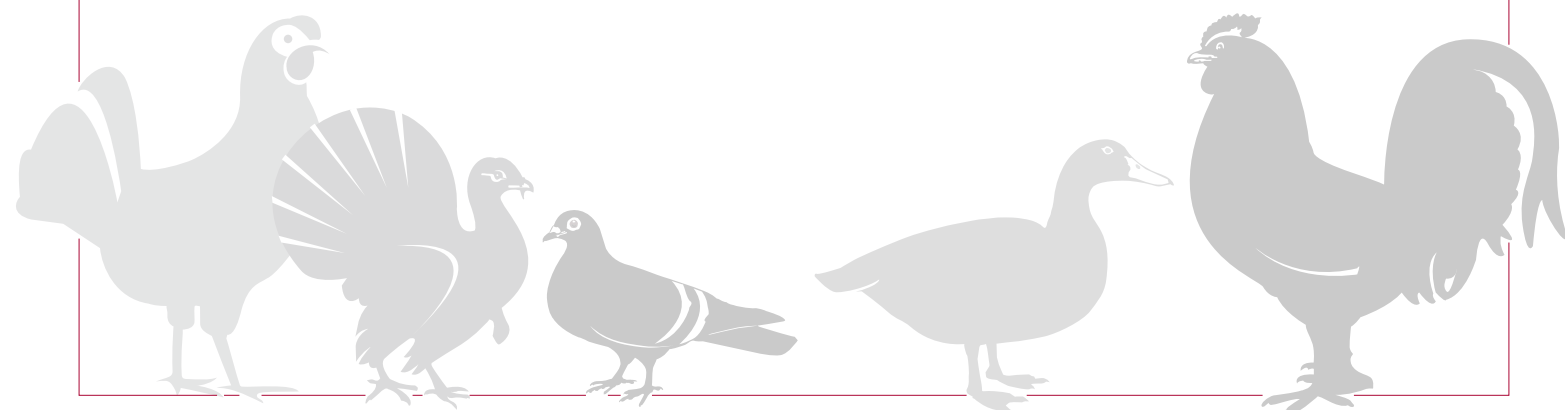


# Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo



# Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo

**Velmurugu Ravindran**, *Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelanda*

La producción mundial de huevos y carne de aves de corral ha experimentado un constante aumento en los últimos años, tendencia que continuará en el futuro. Se prevé que, durante las dos próximas décadas, el mayor incremento de la producción de aves de corral tenga lugar en los países en desarrollo, donde el rápido crecimiento económico, la urbanización y el aumento de los ingresos de los hogares impulsarán la demanda de proteínas animales. Al crecimiento constante de la producción mundial de aves de corral han contribuido una serie de factores, entre ellos: i) los avances genéticos en las líneas de aves de corral para la producción de carne y huevos; ii) un mayor conocimiento de los fundamentos de la nutrición, y iii) el control de las enfermedades. Así, por ejemplo, la edad a la que un pollo para carne alcanza el peso de mercado de 2 kg ha disminuido de 63 días en 1976 a 35 días en 2009, y la capacidad de conversión de alimento en productos avícolas también continúa mejorando. Este crecimiento en la producción avícola tiene un profundo efecto en la demanda de piensos y materias primas. Los alimentos representan el costo más alto de la producción de aves de corral y la disponibilidad de alimentos de bajo precio y alta calidad es fundamental para que la producción avícola pueda seguir siendo competitiva y aumentar para lograr satisfacer la demanda de proteína animal.

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y ALIMENTACIÓN

Históricamente, el sector avícola ha evolucionado a través de tres fases: i) los sistemas tradicionales, que consisten en la cría de parvadas familiares de aves de corral compuestas por aves que se alimentan de desechos y aves de traspatio; ii) los sistemas semi-comerciales de pequeña escala, y iii) los sistemas comerciales de gran escala. Cada uno de estos sistemas se basa en una metodología propia. Difieren notablemente en cuanto a inversión, tipo de aves utilizadas, nivel de cría e insumos como los alimentos. En la cría de aves de corral, los recursos alimenticios, la alimentación y las necesidades de alimento también varían considerablemente en función del sistema utilizado.

El sistema tradicional de producción de aves de corral es el más frecuente en la mayoría de los países en desarrollo. La base de recursos disponible para alimentar a las aves locales que se crían con este sistema comprende: i) desechos domésticos; ii) materia del entorno (insectos, gusanos, caracoles, materia verde fresca, semillas, etc.); iii) residuos de cultivos, forrajes y plantas acuáticas, y iv) subproductos de las pequeñas explotaciones industriales locales (subproductos de cereales, etc.). La supervivencia y crecimiento de los sistemas avícolas extensivos están determinados por la competencia por los recursos alimenticios en las zonas rurales. Este sistema funciona bien en los lugares donde la biomasa es abundante, mientras que en zonas con escasos

recursos naturales y pocas precipitaciones, la competencia por los recursos naturales con otros animales puede ser onerosa.

Entre los dos extremos representados por los sistemas de producción tradicionales y comerciales están los sistemas semicomerciales, caracterizados por parvadas de pequeño a mediano tamaño (de 50 a 500 aves) de aves locales, cruces o genotipos mejorados y por la compra de al menos una parte de la alimentación a productores de piensos compuestos comerciales. En este sistema pueden utilizarse varias estrategias de alimentación: i) mezcla en la granja de raciones completas, utilizando ingredientes para piensos comprados, localmente disponibles; ii) dilución de los piensos comerciales comprados con los ingredientes locales, y iii) mezcla de concentrados comprados con granos enteros o ingredientes locales.

El sistema comercial a gran escala es el sistema de producción predominante en los países desarrollados. Este sector también ha experimentado una reciente expansión en muchos países en desarrollo. Los sistemas comerciales se caracterizan por grandes unidades de producción verticalmente integradas y por el uso de modernas líneas de aves altamente productivas. En estos sistemas, el alimento es el componente de costo variable más elevado, llegando a representar del 65 al 70 por ciento de los costos de producción. Los altos niveles de productividad y eficiencia dependen del suministro de alimentos nutricionalmente balanceados, formulados para satisfacer las necesidades nutricionales de las aves.

## LAS AVES DEBEN ALIMENTARSE CON DIETAS EQUILIBRADAS

La mayoría de las especies de aves de corral son omnívoras, lo que en términos nutricionales significa que tienen un aparato digestivo simple con ciego no funcional. Las excepciones a esta regla general son los gansos y los avestruces, que tienen ciegos funcionales bien desarrollados. El tracto digestivo de las aves de corral tiene más órganos pero es más corto que el de otros animales domésticos. Son exclusivos del tracto digestivo de las aves el buche, que es un órgano de almacenamiento, y la molleja, que es un órgano de trituración. En los pollos de carne de crecimiento rápido, en menos de tres horas el alimento pasa de la boca a la cloaca y los nutrientes son digeridos y absorbidos. Para compensar el tracto digestivo relativamente corto y el rápido tránsito de la digestión, es preciso suministrar a las aves de alto rendimiento dietas de fácil digestión y ricas en nutrientes. El balance de nutrientes es fundamental.

En los últimos años, los cambios genéticos en el crecimiento y la capacidad de transformación de los alimentos también han transformado la fisiología de las aves. En consecuencia, las nece-

sidades de nutrientes y el manejo nutricional han cambiado a su vez para poder satisfacer el potencial genético de las nuevas líneas. El elevado potencial genético de las líneas de aves de corral actuales solo se puede alcanzar con alimentos adecuadamente formulados, altamente proteicos y energéticos. Las aves de corral, en particular las aves de crecimiento rápido, son los únicos animales domésticos en los que cualquier cambio en la nutrición se refleja de manera casi inmediata en el rendimiento. La industria avícola comercial ha explotado con éxito este fenómeno para mejorar el crecimiento, el rendimiento de la canal y la producción de huevos.

El término «aves de corral» abarca una variedad de especies domésticas, entre ellas pollos, pavos, patos, gansos, aves de caza como, por ejemplo, las codornices o los faisanes, y aves corredoras (emúes y avestruces). Esta nota no hace referencia a la nutrición de todas estas especies, sino que se centra en los pollos

y gallinas, que constituyen más del 90 por ciento del mercado de aves de corral. Sin embargo, los principios de manejo de la nutrición de pollos y gallinas pueden aplicarse por regla general a las demás aves de corral destinadas a la producción de carne y huevos.

### NECESIDADES NUTRICIONALES

Para lograr el nivel máximo de crecimiento y buena salud, las aves de corral de los sistemas de cría intensiva necesitan una selección amplia y equilibrada de nutrientes en su dieta. Las necesidades nutricionales de las aves varían según la especie, la edad y la finalidad de la producción, es decir, de si las aves se crían para la producción de carne o de huevos. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los niveles mínimos recomendados de nutrientes seleccionados para los pollos de carne de diferentes edades y para las gallinas ponedoras. Para satisfacer esas necesidades

#### CUADRO 1

Necesidades mínimas de nutrientes recomendadas para los pollos de carne y las gallinas ponedoras, como porcentajes o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca)

Nutriente	Unidad	Pollos para carne			Gallinas ponedoras
		0-3 semanas	3-6 semanas	6-8 semanas	
Energía metabolizable	kcal/kg	3 200	3 200	3 200	2 900
	MJ/kg	13,38	13,38	13,38	12,13
Proteína bruta	%	23	20	18	15
<b>Aminoácidos</b>					
Arginina	%	1,25	1,10	1,00	0,70
Glicina + Serina	%	1,25	1,14	0,97	-
Histidina	%	0,35	0,32	0,27	0,17
Isoleucina	%	0,80	0,73	0,62	0,65
Leucina	%	1,20	1,09	0,93	0,82
Lisina	%	1,10	1,00	0,85	0,69
Metionina	%	0,50	0,38	0,32	0,30
Metionina + Cisteína	%	0,90	0,72	0,60	0,58
Fenilalanina	%	0,72	0,65	0,56	0,47
Fenilalanina + Tirosina	%	1,34	1,22	1,04	0,83
Treonina	%	0,80	0,74	0,68	0,47
Triptófano	%	0,20	0,18	0,16	0,16
Valina	%	0,90	0,82	0,70	0,70
<b>Ácido graso</b>					
Ácido linoleico	%	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Principales minerales</b>					
Calcio	%	1,00	0,90	0,80	3,25
Cloro	%	0,20	0,15	0,12	0,13
Fósforo no fitato	%	0,45	0,35	0,30	0,25
Potasio	%	0,30	0,30	0,30	0,15
Sodio	%	0,20	0,15	0,12	0,15
<b>Oligoelementos</b>					
Cobre	mg	8	8	8	-
Yodo	mg	0,35	0,35	0,35	0,04
Hierro	mg	80	80	80	45
Manganeso	mg	60	60	60	20
Selenio	mg	0,15	0,15	0,15	0,06
Zinc	mg	40	40	40	35

Source: Adaptado de National Research Council, 1994.

específicas, a distintas clases de aves de corral hay que suministrarles distintos tipos de dietas. Estas recomendaciones deben considerarse solo una orientación cuyo fin es servir de base para el establecimiento de las concentraciones de nutrientes de la dieta en la práctica. Históricamente, las recomendaciones sobre las necesidades nutricionales se han basado en la bibliografía disponible y los datos de los grupos de expertos. Actualmente, sin embargo, dado que cada genotipo específico tiene sus propias necesidades, en la mayoría de las formulaciones de alimentos comerciales se usan los niveles mínimos recomendados por las empresas de cría que abastecen a los pollitos.

Las aves de corral necesitan nutrientes para mantener su estado (mantenimiento) y para hacer posible el crecimiento del cuerpo (aumento de peso) o la producción de huevos. Las aves necesitan un suministro constante de energía, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, minerales, vitaminas y, lo más importante, agua. Las aves de corral obtienen la energía y los nutrientes necesarios a través de la digestión de los alimentos naturales, pero los minerales, las vitaminas y algunos de los principales aminoácidos esenciales (lisina, metionina, treonina y triptófano) a menudo se suministran como suplementos sintéticos.

### Energía

Las aves de corral pueden obtener energía de los carbohidratos simples, las grasas y las proteínas, mientras que no pueden digerir ni utilizar algunos hidratos de carbono complejos, como la fibra, por lo que la formulación del alimento debe utilizar un sistema basado en la energía disponible. La energía metabolizable (EM) es la medida convencional del contenido de energía disponible en los ingredientes de los alimentos y de las necesidades de las aves de corral. Tiene en cuenta las pérdidas de energía en las heces y la orina.

Las aves comen principalmente para satisfacer sus necesidades energéticas, siempre que la dieta sea adecuada en todos los demás nutrientes esenciales. El nivel de energía en la dieta es, por lo tanto, un factor determinante de la ingesta de alimento por las aves. Cuando cambia el nivel de energía alimentaria, el consumo de alimento cambia también, y es preciso modificar las especificaciones de otros nutrientes para mantener la ingesta necesaria. Por esta razón, el nivel de energía alimentaria se utiliza a menudo como punto de partida en la formulación práctica de dietas para aves de corral.

Las distintas clases de aves de corral necesitan distintas cantidades de energía con fines metabólicos y su carencia afecta al rendimiento productivo. Para mantener un nivel de productividad elevado, las líneas modernas de aves de corral se alimentan en general con dietas de valor energético relativamente alto. Los niveles de energía alimentaria utilizados en una situación dada están en gran medida determinados por la disponibilidad y el costo de los alimentos ricos en energía. Debido al alto costo de los cereales, en particular el maíz, el uso de dietas bajas en energía para la alimentación de las aves de corral no es un hecho infrecuente en muchos países en desarrollo.

### Proteínas y aminoácidos

La función de las proteínas alimentarias es proporcionar los aminoácidos necesarios para el mantenimiento, el desarrollo muscu-

lar y la síntesis de la proteína del huevo. La síntesis de las proteínas de músculos y huevos requiere un suministro de 20 aminoácidos, los cuales forman parte, todos ellos, de las necesidades fisiológicas. Diez de ellos o bien no se sintetizan en absoluto o bien se sintetizan demasiado lentamente como para satisfacer las necesidades metabólicas. Se consideran elementos *esenciales* de la dieta y deben ser suministrados mediante la misma. El resto puede ser sintetizado a partir de otros aminoácidos, conocidos como elementos *no esenciales de la dieta*, los cuales no necesitan ser considerados en las formulaciones de los alimentos animales. Desde el punto de vista fisiológico, sin embargo, los 20 aminoácidos son todos ellos esenciales para la síntesis de varias proteínas en el cuerpo. Los aminoácidos esenciales para las aves de corral son la lisina, la metionina, la treonina, el triptófano, la isoleucina, la leucina, la histidina, la valina, la fenilalanina y la arginina. Además, algunos consideran esencial también la glicina para las aves jóvenes. La cisteína y la tirosina se consideran aminoácidos semiesenciales, ya que pueden ser sintetizados a partir de la metionina y la fenilalanina, respectivamente. De los diez aminoácidos esenciales, la lisina, la metionina y la treonina son los más limitantes en la mayoría de las dietas de aves de corral.

Las aves de corral no tienen una necesidad de proteínas *per se*. Sin embargo, un suministro alimenticio adecuado de nitrógeno a partir de las proteínas es esencial para sintetizar los aminoácidos no esenciales. Esto garantiza que no se utilicen los aminoácidos esenciales para suministrar el nitrógeno necesario para la síntesis de los aminoácidos no esenciales. Así pues, satisfacer las necesidades recomendadas tanto de proteínas como de aminoácidos garantiza el suministro de todos los aminoácidos que se precisan para cubrir las necesidades fisiológicas de las aves. En las necesidades de aminoácidos de las aves de corral influyen varios factores como el nivel de producción, el genotipo, el sexo, las condiciones fisiológicas, el medio ambiente y el estado de salud. Por ejemplo, un nivel elevado de deposición de carne magra requiere un nivel relativamente alto de lisina, mientras que un nivel elevado de producción de huevos o de crecimiento de las plumas requiere un nivel relativamente alto de metionina. Sin embargo, la mayoría de los cambios en las necesidades de aminoácidos no comportan cambios en las proporciones relativas de los diferentes aminoácidos. Existe, por tanto, un equilibrio ideal de aminoácidos alimentarios para las aves de corral y los cambios en las necesidades de aminoácidos suelen expresarse en relación con una proteína equilibrada o proteína ideal.

### Grasas y ácidos grasos

Debido a su mayor valor energético en comparación con los carbohidratos y las proteínas, las dietas de las aves de corral suelen incluir grasas a fin de conseguir la concentración de energía alimentaria necesaria. La grasa representa de un 3 por ciento a no más de un 5 por ciento, aproximadamente, de la mayoría de las dietas prácticas. Otros beneficios de la utilización de grasas son el mayor control del polvo en las fábricas de piensos y los alojamientos avícolas y la mejora de la palatabilidad de las dietas. Las aves de corral no tienen una necesidad específica de grasas como fuente de energía, si bien se ha demostrado la necesidad del ácido linoleico. El ácido linoleico es el único ácido graso esencial que necesitan las aves de corral y su carencia se ha observado raramente en las aves alimentadas con dietas prácticas. El ácido

linoleico influye principalmente en el tamaño de los huevos de las aves ponedoras.

### Minerales

Los minerales son necesarios para la formación del sistema óseo, para la salud en general, como componentes de la actividad metabólica general, y para el mantenimiento del equilibrio entre los ácidos y las bases del organismo. El calcio y el fósforo son los elementos minerales más abundantes en el cuerpo y se clasifican como macrominerales, junto con el sodio, el potasio, el cloro, el azufre y el magnesio. Los macrominerales son elementos necesarios en la dieta en concentraciones de más de 100 mg/kg.

El calcio y el fósforo son necesarios para la formación y el mantenimiento de la estructura del esqueleto y para la buena calidad de la cáscara del huevo. En general, del 60 al 80 por ciento del fósforo total presente en los ingredientes de origen vegetal está en forma de fósforo fitato. En condiciones de alimentación normales, el fósforo fitato es escasamente utilizado por las aves de corral debido a la falta de fitasas endógenas de sus enzimas digestivas. En general se supone que alrededor de un tercio del fósforo presente en los alimentos animales es no fitato y se encuentra biológicamente disponible para las aves de corral, por lo que las necesidades de fósforo para las aves de corral se expresan como fósforo no fitato en lugar de fósforo total. Se debe mantener una relación de 2:1 entre el calcio y el fósforo no fitato en la dieta de las aves en crecimiento, a fin de optimizar la absorción de estos dos minerales. La relación en las dietas de las aves ponedoras es, sin embargo, de 13:1 debido al elevado nivel de calcio que se precisa para una buena calidad de la cáscara.

Las proporciones en la dieta del sodio (Na), el potasio (K) y el cloruro (Cl) determinan en gran medida el equilibrio ácido-base en el organismo para mantener el pH fisiológico. Si se produce un cambio a condiciones ácidas o básicas, los procesos metabólicos se alteran para mantener el pH, con el resultado probable de la reducción del rendimiento. El balance electrolítico en la dieta se describe mediante la sencilla fórmula ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ ) y se expresa como mEq/kg de dieta. Ha de prestarse especial atención a la prevención del desequilibrio electrolítico, especialmente en los climas cálidos. En la mayoría de las condiciones, un equilibrio de alrededor de 250 mEq/kg de dieta se considera satisfactorio para un crecimiento óptimo. El equilibrio global entre estos tres minerales y sus concentraciones individuales son importantes. Para ser eficaces, el nivel de cada uno de ellos en la dieta debe situarse dentro de márgenes aceptables, ni insuficientes ni excesivos. Las aves expuestas a estrés por calor consumen más agua y soportan mejor el calor si el agua contiene electrolitos. Se ha demostrado que la sustitución de parte del cloruro sódico suplementario con bicarbonato sódico resulta útil en estas condiciones.

Oligoelementos como el cobre, el yodo, el hierro, el manganeso, el selenio, el zinc y el cobalto funcionan como componentes de las moléculas más grandes y como co factores enzimáticos en diferentes reacciones metabólicas. Son necesarios en la dieta solo en cantidades muy pequeñas (Cuadro 1). En la práctica las dietas de las aves de corral deben suplementarse con macrominerales y oligoelementos, ya que las dietas típicas, basadas en cereales, son carentes en ellos. Las formas orgánicas de algunos oligoelementos están actualmente disponibles y se considera que, en general, tienen una mayor biodisponibilidad que las formas inorgánicas.

### Vitaminas

Las vitaminas se clasifican en liposolubles (vitaminas A, D, E y K) e hidrosolubles (vitaminas del grupo B y vitamina C). Todas las vitaminas, salvo la vitamina C, deben suministrarse en la dieta. La vitamina C no suele considerarse un elemento esencial para la dieta, ya que puede ser sintetizada por las aves. Sin embargo, en condiciones adversas tales como el estrés por el calor, la suplementación en la dieta de vitamina C puede resultar beneficiosa. Las funciones metabólicas de las vitaminas son más complejas que las de otros nutrientes. Las vitaminas no son simples elementos constitutivos del organismo o fuentes de energía, sino que actúan como mediadores o participan en todos los procesos bioquímicos del cuerpo.

### Agua

El agua es el nutriente más importante pero también el más ignorado en la nutrición de las aves de corral. El agua tiene un impacto prácticamente en todas y cada una de las funciones fisiológicas de las aves. Un suministro constante de agua es importante para: i) la digestión de los alimentos; ii) la absorción de los nutrientes; iii) la excreción de las sustancias de desecho del organismo, y iv) la regulación de la temperatura corporal. El agua constituye alrededor del 80 por ciento del cuerpo. A diferencia de otros animales, las aves comen y beben todo el tiempo. Si se les priva de agua aunque solo sea por un breve período de tiempo, la producción y el crecimiento se verán irreversiblemente afectados. El agua, por lo tanto, debe estar disponible en todo momento. Tanto el consumo de alimento como el índice de crecimiento están fuertemente correlacionados con el consumo de agua. Es difícil establecer con precisión las necesidades de agua, ya que en ellas influyen diversos factores tales como las condiciones ambientales, la edad o las condiciones fisiológicas de las aves. En la mayoría de las condiciones, se considera que la ingesta de agua debe ser el doble que la ingesta de alimento. La temperatura del agua potable debe estar entre los 10 y los 25 °C. Temperaturas superiores a los 30 °C reducirán el consumo.

La calidad del agua es asimismo importante. Aunque la calidad es a menudo un factor que se da por descontado, la mala calidad del agua puede acarrear un bajo nivel de productividad e importantes pérdidas económicas. El agua es un medio ideal para la propagación de contaminantes, tales como sustancias químicas y minerales, y la proliferación de microorganismos nocivos. La calidad del agua suministrada a las aves de corral puede ser un problema importante en las regiones áridas y semiáridas, donde el agua es escasa. En particular, en estas zonas las aguas subterráneas pueden tener índices de sal elevados. El agua potable salada con menos del 0,25 por ciento de sal es tolerada por las aves, pero puede causar toxicidad de sodio si el consumo de agua está limitado.

### REFERENCIAS

- Daghir, N.J.** 1995. *Poultry production in hot climates*. Wallingford, Reino Unido, CAB International.
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. y Heinemann, W.W.** 1990. *Feeds & Nutrition*. Clovis, California, EE.UU., Ensminger Publishing Company.
- Hunton, P.**, ed. 1995. *Poultry production*. World Animal Science No. C9. Amsterdam, Países Bajos, Elsevier.

- Leeson, S. y Summers, J.D.** 2001. *Scott's nutrition of the chicken*, 4.<sup>a</sup> edición. Nottingham, Reino Unido, Nottingham University Press.
- Leeson, S. y Summers, J.D.** 2005. *Commercial poultry nutrition*, 3.<sup>a</sup> edición. Nottingham, Reino Unido, Nottingham University Press.
- National Research Council.** 1994. *Nutrient requirements of poultry*, 9.<sup>a</sup> edición revisada. Washington, DC, National Academy Press.
- Ravindran, V. y Bryden, W.L.** 1999 Amino acid availability in poultry – in vitro and *in vivo* measurements. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 889–908.
- Rose, S.P.** 1997. *Principles of poultry science*. Wallingford, Reino Unido, CAB International.
- Scanes, C.G., Brant, G. y Ensminger, M.E.** 2004. *Poultry science*. Upper Saddle River, New Jersey, EE.UU., Pearson Prentice Hall.
- Scott, M.L. y Dean, W.F.** 1991. *Nutrition and management of ducks*. Ithaca, Nueva York, EE.UU., M.L. Scott & Associates.

# Avances en la nutrición de las aves de corral

**Velmurugu Ravindran**, Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelanda

Los alimentos representan el costo más alto de la producción de aves de corral. La investigación sobre nutrición de aves de corral se ha centrado, por consiguiente, en cuestiones relacionadas con la identificación de obstáculos para la digestión y el uso eficaz de los nutrientes, así como en los métodos para mejorar la utilización de los alimentos. Los nutricionistas avícolas conjugan cada vez más sus conocimientos con los de especialistas de otras ciencias biológicas, entre ellas la inmunología, la microbiología, la histología y la biología molecular.

A pesar de la elevada eficiencia de los pollos de engorde y las gallinas ponedoras para la conversión de alimentos en productos alimenticios, excretan, sin embargo, importantes cantidades de nutrientes no utilizados. Así, por ejemplo, en la gallinaza los pollos de engorde pierden casi el 30 por ciento de la materia seca ingerida, el 25 por ciento de la energía bruta, el 50 por ciento de nitrógeno y el 55 por ciento de la ingesta de fósforo. Existe, por tanto, un margen considerable para mejorar la capacidad de conversión de alimentos en productos de origen animal. La ineficiencia de la conversión deriva en gran medida de la presencia de componentes no deseados y nutrientes indigeribles en los alimentos.

Los recientes avances en la nutrición de aves de corral se han centrado en tres aspectos principales: i) lograr una mayor comprensión del metabolismo de los nutrientes y de las necesidades de nutrientes; ii) determinar la presencia y disponibilidad de nutrientes en los ingredientes de los alimentos, y iii) formular las dietas de menor costo que conjuguen necesidades y suministro de nutrientes de manera efectiva. El objetivo general es *la alimentación de precisión* para reducir costos y maximizar la eficacia económica. En el pasado, hubo una tendencia a formular por exceso las dietas cuando había dudas sobre la disponibilidad de nutrientes esenciales (en particular, aminoácidos y fósforo) o cuando las necesidades nutricionales eran inciertas. Esta práctica ya no es aceptable, no solo porque es un derroche, sino también porque el exceso de nutrientes excretados en la gallinaza son, en última instancia, una fuente de contaminación. Las dietas ajustadas para satisfacer de manera más adecuada las necesidades de las aves contribuyen a optimizar la eficacia de la utilización de nutrientes. Los principales avances en la consecución de la meta de una alimentación de precisión se describen en las secciones siguientes.

## DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES DE NUTRIENTES

Definir las necesidades de nutrientes constituye un reto al influir en ellas una multiplicidad de factores y estar sujetas a cambios

constantes. Los factores que influyen en las necesidades de nutrientes son fundamentalmente de dos clases: los relacionados con las aves, como la genética, el sexo o el tipo y la etapa de producción, y los externos, como el ambiente térmico, el estrés y las condiciones de cría. La precisión en la definición de las necesidades nutricionales requiere exactitud en ambas clases. Ha sido posible realizar importantes avances en la definición de las necesidades de nutrientes para las distintas clases de aves de corral gracias, en gran medida, a la creciente uniformidad de los genotipos, los alojamientos y las prácticas de cría en toda la industria avícola.

La definición de las necesidades de los diez aminoácidos esenciales se ha visto facilitada por la adopción del concepto de *proteína ideal*. Al igual que para otros nutrientes, en las necesidades de aminoácidos influyen varios factores, entre ellos la genética, el sexo, la condición fisiológica, el entorno y el estado de salud. Sin embargo, la mayoría de los cambios en las necesidades de aminoácidos no conllevan cambios en la proporción relativa de los diferentes aminoácidos. Así pues, los cambios reales en las necesidades de aminoácidos se pueden expresar en relación con el nivel de proteína equilibrada o la proteína ideal. El concepto de proteína ideal utiliza la lisina como aminoácido de referencia y las necesidades de otros aminoácidos esenciales se establecen como porcentajes (o cocientes) de las necesidades de lisina. En el Cuadro 1 se muestra el balance de proteína ideal para los pollos

## CUADRO 1

Proporciones ideales de aminoácidos para pollos de carne en tres períodos de crecimiento

Aminoácidos	1-21 días	22-42 días	43-56 días
Lisina <sup>1</sup>	100	100	100
Arginina	105	108	108
Histidina	35	35	35
Isoleucina	67	69	69
Leucina	109	109	109
Metionina + cisteína	72	72	72
Fenilalanina + tirosina	105	105	105
Treonina	67	68,5	68,5
Triptófano	16	17	17
Valina	77	80	80

<sup>1</sup> Las necesidades de lisina digestible recomendadas para los pollos de carne de 1 a 21 días, de 22 a 42 días y de 43 a 56 días son 1,070, 0,865 y 0,745 por ciento, respectivamente.



de carne en diferentes etapas de crecimiento. La ventaja de este sistema es que una vez definidas las necesidades de lisina para una serie de condiciones, se pueden calcular las necesidades de todos los demás aminoácidos esenciales. Este método es en la actualidad una práctica aceptada para el establecimiento de las especificaciones de aminoácidos en las formulaciones de alimentos para la industria de aves de corral.

## DEFINICIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y DE LA CALIDAD DE LOS INGREDIENTES

Los productores avícolas están continuamente en busca de oportunidades que permitan una mayor flexibilidad en los tipos y niveles de ingredientes utilizados en las formulaciones de alimentos. Estas oportunidades son cada vez más frecuentes debido a los avances en el análisis de nutrientes y las técnicas de valoración de los alimentos.

La función principal de los ingredientes de los alimentos es proporcionar los nutrientes que el ave digiere y utiliza para las funciones productivas. Actualmente, hay una cantidad considerable de datos disponibles sobre la capacidad de las materias primas para suministrar estos nutrientes. Sin embargo, un cierto grado de variabilidad es inherente a cada materia prima, lo que implica un obstáculo para la formulación precisa de los alimentos. Hay a disposición datos sobre la variación (o matrices) para los ingredientes principales, que se aplican en los programas de formulación de alimentos para lograr una mayor precisión. Un avance relacionado es la disponibilidad de *pruebas rápidas* como, por ejemplo, el análisis de reflectancia en el infrarrojo cercano para predecir la composición bruta de nutrientes y evaluar la variabilidad en el suministro de ingredientes sobre una base continua.

Como es sabido, no todos los nutrientes presentes en los ingredientes sirven a fines productivos y una parte de los nutrientes digeridos se excreta o no se utiliza. A medida que avanzan las técnicas de valoración de los alimentos, se va recabando una considerable cantidad de datos sobre la disponibilidad de nutrientes para las aves de corral, especialmente de los aminoácidos y el fósforo. Por ejemplo, un avance reciente ha sido la extensión del uso de las concentraciones de *aminoácidos digestibles* en lugar de la concentración total de aminoácidos en la formulación de alimentos. El uso del contenido de aminoácidos digestibles es de especial interés en los países en desarrollo, donde no hay ingredientes tradicionales disponibles con una alta digestibilidad y las formulaciones dietéticas pueden incluir ingredientes de baja digestibilidad. La formulación de las dietas basada en aminoácidos digestibles permite ampliar la gama de ingredientes que pueden utilizarse y los niveles de inclusión de ingredientes alternativos en dietas para aves de corral. Esto mejora la precisión de la formulación, puede reducir los costos de los alimentos y garantiza un rendimiento de las aves más predecible.

## MEJORA DE LA FORMULACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Una vez definidas las necesidades nutricionales, el siguiente paso es ajustar la combinación de ingredientes y suplementos para satisfacer estas necesidades. El objeto de la formulación es la obtención de una dieta equilibrada que proporcione cantidades adecuadas de nutrientes biológicamente disponibles. Para los productores comerciales, un objetivo adicional es la formulación

## CUARDO 2

### Ejemplos de aplicaciones biotecnológicas ampliamente utilizadas en la nutrición animal

Aplicación	Objetivo(s) de la tecnología
1. Nuevos ingredientes	Producir proteínas microbianas como nuevas fuentes de alimentación animal (por ejemplo, proteínas unicelulares, proteína de levadura)
2. Ingredientes de síntesis	Mejorar la nutrición (por ejemplo, maíz con alto contenido de aceite, altramuces con alto contenido de metionina) o reducir el nivel de componentes antinutritivos en los ingredientes habituales de los alimentos (por ejemplo, maíz de bajo fitato)
3. Aditivos para alimentos animales:	
a) Antimicrobianos	Suprimir el crecimiento de bacterias nocivas y promover el establecimiento de un equilibrio de la flora intestinal deseable (por ejemplo, antibióticos)
b) Aminoácidos cristalinos	Aumentar el aporte dietético de aminoácidos específicos y mejorar el balance proteico en las formulaciones de la dieta
c) Enzimas para alimentación animal	Mejorar la disponibilidad de nutrientes (energía, aminoácidos, fósforo, etc.) en los ingredientes de los alimentos animales mediante la reducción de los efectos negativos de los componentes antinutritivos (por ejemplo, fitasas microbianas que actúan sobre el fitato, las xilanasas que actúan sobre los arabinoxilanos en el trigo)
4. Potenciadores del ecosistema intestinal:	
a) Probióticos	Promover el establecimiento de un ecosistema intestinal deseable mediante la proliferación de especies beneficiosas (por ejemplo, alimentación directa con microbianos)
b) Prebióticos	Eliminar organismos nocivos competidores, promover el establecimiento de un ecosistema intestinal deseable (por ejemplo, manano-oligosacáridos)

de una dieta equilibrada al menor costo posible. Dada la variedad de alimentos posibles y de nutrientes necesarios, se precisan numerosos cálculos aritméticos para producir una dieta de menor costo. Con los años, la formulación de alimentos animales ha pasado de la simple obtención de un reducido número de alimentos equilibrados para una serie limitada de nutrientes a un sistema de programación lineal que funciona con el uso de computadoras. Los sistemas de *programación no lineal estocástica* están cada vez más extendidos en la actualidad, con software de formulación disponibles en el mercado. La variabilidad en la composición de ingredientes no es lineal, por lo que los programas estocásticos resuelven esta cuestión de la manera más rentable posible.

Otro avance es el uso de *modelos de crecimiento* que simulan el consumo de alimento y los parámetros de producción bajo determinadas condiciones de cría. Estos modelos constituyen un eficaz instrumento para: i) comparar el rendimiento real con el potencial, lo que puede indicar la magnitud de los problemas de manejo o de salud de una parvada, y ii) ofrecer un análisis económico de los regímenes de alimentación alternativa. Hay varios modelos de crecimiento comerciales disponibles cuya función es predecir el rendimiento de la producción de los pollos para carne y las gallinas ponedoras. Sin embargo, debido a la extrema complejidad de las respuestas biológicas, la bondad del modelo



### CUADRO 3

Ejemplos de aplicaciones biotecnológicas con un futuro potencial en la nutrición animal

Aplicación	Objetivo(s) de la tecnología
1. Modificación de los microbios intestinales	Modificar genéticamente los microorganismos presentes de forma natural en el intestino a fin de aumentar su capacidad para determinadas funciones o de añadir nuevas funciones (por ejemplo, los microbios del rumen para mejorar la digestión de la celulosa)
2. Introducción de nuevos microbios intestinales	Introducir nuevas especies o cepas de microorganismos en el intestino
3. Péptidos bioactivos	Mejorar el crecimiento y la eficiencia (por ejemplo, péptidos liberadores de la hormona del crecimiento), mejorar la función intestinal, la inmunomodulación, las propiedades antibacterianas
4. Sustitutos de antimicrobianos	Enzimas antimicrobianas (por ejemplo, la lisozima) para producir anticuerpos específicos a través de plasma atomizado y ovoproductos
5. Transgénesis	Modificar el metabolismo de los nutrientes y mejorar la eficiencia del crecimiento mediante la transferencia de genes

depende de la bondad de los datos utilizados para elaborarlo. Es imprescindible, pues, contar con información y datos precisos y detallados sobre una serie de sistemas de producción diversos a fin de posibilitar el desarrollo de modelos robustos que pueden proporcionar una predicción certera del rendimiento.

### PRODUCTOS BIOTECNOLÓGICOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES DE CORRAL

Los progresos realizados en el campo de la biotecnología durante las últimas dos décadas han abierto nuevas oportunidades para incrementar la productividad y eficiencia de los animales mediante una mejor nutrición. La biotecnología tiene una amplia variedad de aplicaciones en la alimentación animal. Algunos de ellas están ya en práctica (Cuadro 2), mientras que de otras se conoce el potencial, pero todavía no tienen aplicaciones comerciales debido a limitaciones técnicas y a la preocupación que despiertan en la opinión pública (Cuadro 3).

### ELABORACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Hoy en día, la mayoría de los alimentos para aves de corral se someten, después de haberse procedido a la mezcla de ingredientes, a algún tipo de elaboración, que abarca una amplia variedad de tratamientos térmicos como la extrusión, la expansión, el acondicionamiento y la granulación. La mayoría de los alimentos utilizados en la producción de pollos para carne están en forma granulada o pulverizada, lo que incrementa la economía de producción mediante la mejora de la capacidad de conversión de los alimentos y el crecimiento. Se considera que estas mejoras obedecen a la disminución del desperdicio de alimento, la mayor densidad de nutrientes, la reducción de la alimentación selectiva, el menor tiempo y energía utilizados para comer, la destrucción de organismos patógenos, y la modificación térmica del almidón y las proteínas. La introducción de alimentos granulados es una característica destacada en los países que tratan de mejorar la eficiencia de la producción del sector avícola.

### ALIMENTACIÓN POR FASES

En las recomendaciones actuales para las aves de corral se enumeran las necesidades de nutrientes solo para determinados períodos de crecimiento. Para los pollos para carne se consideran tres períodos: el que va hasta las tres semanas de edad, el que comprende desde las tres hasta las seis semanas y el que abarca desde las seis hasta las ocho semanas. En la práctica, sin embargo, los períodos de crecimiento pueden ir de las cuatro a las diez semanas de edad, en función de las necesidades del mercado local. El reconocimiento de que los cambios en las necesidades de nutrientes son más dinámicos que estas recomendaciones generales hace que en la industria avícola comercial se usen cada vez en mayor medida los sistemas de alimentación por fases para maximizar el rendimiento y aumentar los márgenes de ganancia. Las especificaciones relativas a los aminoácidos y las proteínas de la dieta por lo general se han reducido en una progresión de diferentes alimentos que satisfacen las nuevas necesidades y las exigencias económicas. Los programas de alimentación típicos en un ciclo de producción de cinco a siete semanas incluyen ahora de cuatro a cinco tipos de alimentos, como los de preiniciación, iniciación, crecimiento y finalización, o preiniciación, iniciación, crecimiento, finalización y retirada. Las dietas de retirada, a menudo suministradas durante los últimos siete a diez días de engorde, suponen la eliminación de determinados aditivos farmacéuticos y la reducción de proteínas y aminoácidos. En los últimos años, también suponen la reducción de ciertas vitaminas y oligoelementos y del aporte energético.

### ALIMENTACIÓN A BASE DE GRANOS ENTEROS

Otro avance reciente es el que ha supuesto la alimentación a base de granos enteros (trigo o cebada) junto con un alimento concentrado balanceado. Los beneficios de la alimentación con granos enteros comprenden el aumento del rendimiento, la reducción de los costos de elaboración de los alimentos y la mejora de la salud de la parvada. Estos beneficios derivan de una combinación de dos hechos fisiológicos: los beneficios físicos del desarrollo de la molleja y el aumento de las secreciones del proventrículo y la mayor correspondencia con las necesidades diarias gracias a la autoselección por parte del ave. El método usual de alimentación a base de granos enteros consiste en mezclar del 10 al 25 por ciento del peso del alimento en la parte superior de la alimentación en los camiones de reparto o en los alojamientos avícolas.

### ALIMENTACIÓN DE AVES DE CORRAL SOSTENIBLE

En una época relativamente reciente, el principal objetivo de la formulación de los alimentos era el aporte de nutrientes. Hoy en día es motivo de preocupación lo que sale de las aves (producción de nutrientes). La producción animal, incluido el sector avícola, libera los nutrientes en exceso en el medio ambiente, por lo que debe asumir la responsabilidad de su impacto sobre el mismo, especialmente sobre la calidad del agua. Sin lugar a dudas, la industria de las aves de corral debe alcanzar el objetivo de la sostenibilidad, dado que los problemas medioambientales influyen de manera decisiva en su futuro crecimiento y expansión. Desde el punto de vista de la nutrición, la estrategia más obvia es la de suministrar a las aves una alimentación que se ajuste a sus necesidades (alimentación de precisión) y mejore la capacidad de

utilización de los nutrientes por las aves, lo que reducirá la carga de nutrientes en la gallinaza.

## REFERENCIAS

- Leeson, S. y Summers, J.D.** 2005. *Commercial poultry nutrition*, 3.<sup>a</sup> edición. Nottingham, Reino Unido, Nottingham University Press.
- Ravindran, V. y Bryden, W.L.** 1999. Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 889–908.
- Scanes, C.G., Brant, G. y Ensminger, M.E.** 2004. *Poultry science*. Upper Saddle River, New Jersey, EE.UU., Pearson Prentice Hall.

# Principales ingredientes utilizados en las formulaciones de alimentos para aves de corral

**Velmurugu Ravindran**, *Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelanda*

Los alimentos constituyen el costo más alto de la producción de aves de corral llegando a representar hasta un 70 por ciento del total. De los costos totales de la alimentación, alrededor del 95 por ciento se destina a satisfacer las necesidades de energía y proteínas, del 3 al 4 por ciento aproximadamente a las necesidades de los principales minerales, oligoelementos y vitaminas, y del 1 al 2 por ciento a los distintos aditivos para alimentos animales. Las dietas para las aves de corral se formulan a partir de una mezcla de ingredientes, entre ellos granos de cereales, subproductos de cereales, grasas, fuentes de proteínas vegetales, subproductos de origen animal, suplementos vitamínicos y de minerales, aminoácidos cristalinos y aditivos para alimentos. Estos se unen al menor costo posible teniendo en cuenta su contenido de nutrientes, así como su precio unitario. En el Cuadro 1 se muestran los ingredientes que se utilizan habitualmente en las formulaciones de alimentos para las aves de corral en la mayor parte del mundo.

## INGREDIENTES PRINCIPALES: PROBLEMAS DE DISPONIBILIDAD

Las fuentes de energía constituyen el principal componente de las dietas de las aves de corral, seguidas por las fuentes de proteínas vegetales y de las fuentes de proteínas animales. A nivel mundial, el maíz es la fuente de energía más utilizada, mientras que la harina de soja es una fuente de proteínas vegetales habitual. Sin embargo, otros cereales como el trigo y el sorgo, y las harinas de

proteínas vegetales tales como las harinas de canola, arvejas y girasol, también se utilizan con frecuencia en algunos países. Los principales ingredientes proteicos de origen animal son la harina de pescado y la harina de carne. Casi todos los países en desarrollo son importadores netos de estos ingredientes. Las industrias de piensos avícolas de África y Asia dependen de las importaciones, lo que supone una merma de sus reservas de divisas. Muy a menudo, los sectores semicomerciales y comerciales de estos países se ven obligados a limitar su producción de piensos compuestos.

El desvío de granos, en particular el maíz, del mercado de alimentos animales a la producción de etanol es un hecho reciente que ha causado graves problemas de abastecimiento de cereales en el mercado mundial, con un drástico aumento de los precios. Debido a las políticas gubernamentales para promover el uso de los biocombustibles, la producción mundial de etanol ha experimentado un rápido incremento en los últimos años y se prevén posteriores incrementos significativos en el futuro. A pesar de los precios récord, la demanda de importación de los ingredientes principales en los países en desarrollo sigue creciendo para poder satisfacer la demanda de alimentación de un sector avícola en expansión, ejerciendo aún mayor presión sobre los precios. Paradójicamente, la solución de la subida desorbitada del precio del maíz podría provenir de la misma industria de los biocombustibles, ya que se ha demostrado que su principal subproducto los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son una buena fuente de energía y aminoácidos disponibles. En todo el mundo, los fabricantes de piensos están mostrando vivo interés en los DDGS debido a su rentabilidad y disponibilidad. Los DDGS de buena calidad son un ingrediente potencialmente útil dado que tienen un contenido de un 25 por ciento de proteínas y un 10 por ciento de grasas, aproximadamente, y son ricos en vitaminas y minerales. La disponibilidad de aminoácidos en los DDGS es similar a la de la harina de soja. Esta puede ser la única materia prima cuyo suministro está asegurado y se incrementará en el futuro.

## PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA

El cereal forrajero más utilizado en los alimentos para las aves de corral en todo el mundo es el maíz. Ello se debe principalmente a que su fuente de energía es el almidón, el cual resulta altamente digestible para las aves de corral. Además, tiene una elevada palatabilidad, es una fuente de alta densidad de energía fácilmente disponible y está libre de factores antinutricionales. El valor de energía metabolizable del maíz suele considerarse el metro de comparación para otras fuentes de energía.

### CUADRO 1

Ingredientes comúnmente utilizados en formulaciones típicas de alimentos para aves de corral

1. Fuentes de energía:
  - cereales (principalmente maíz)<sup>1</sup>, subproductos de cereales
  - grasas animales y aceites vegetales
2. Fuentes de proteínas vegetales<sup>2</sup>: harina de soja
3. Fuentes de proteínas animales: harina de pescado, harina de carne y hueso
4. Suplementos de minerales:
  - suplementos de calcio: caliza, conchas
  - suplementos de calcio y fósforo: fosfato dicálcico, fosfato de roca desfluorado, harina de hueso
  - oligoelementos: premezclas de oligoelementos
  - fuentes de sodio: sal, bicarbonato de sodio
5. Varios:
  - suplementos vitamínicos: premezclas de vitaminas
  - aminoácidos cristalinos: metionina, lisina, treonina
  - aditivos no nutritivos: enzimas, antibióticos, etc.

<sup>1</sup> El trigo y el sorgo son muy utilizados en algunas partes del mundo.

<sup>2</sup> También se utilizan las harinas de canola, arvejas y girasol en algunas partes del mundo.

En América del Norte y el Brasil, la industria de fabricación de piensos se ha beneficiado de los excedentes de maíz gracias a la creciente mecanización y la aplicación de técnicas genéticas y agronómicas para aumentar la productividad. En las regiones de Asia y África, sin embargo, el rendimiento del maíz por hectárea es bajo y en la mayoría de los países la producción no ha sido nunca suficiente como para satisfacer las necesidades de la población humana en crecimiento. La consecuencia evidente es una escasez continua del maíz usado en los alimentos animales en estas regiones.

La otra fuente de energía que satisface casi los mismos criterios que el maíz es el sorgo con bajo contenido de taninos. El sorgo puede cultivarse en zonas con escasas precipitaciones y es un cultivo popular en las regiones calurosas y propensas a la sequía. El alto contenido de tanino de muchas de las tradicionales variedades de sorgo limita su uso en las dietas de las aves de corral, pero en la actualidad hay variedades con bajo contenido de taninos disponibles que pueden utilizarse en las dietas de las aves de corral sin ningún tipo de limitación. El valor energético del sorgo con bajo contenido de taninos es el 90-95 por ciento del valor del maíz.

### PRINCIPAL FUENTE DE PROTEÍNA VEGETAL

Después de las materias primas que aportan energía, los suplementos de proteínas constituyen el principal componente de las dietas de las aves de corral. Las fuentes de proteínas vegetales satisfacen la mayor parte de las necesidades de proteínas alimentarias (o nitrógeno). La fuente de proteínas vegetales tradicionalmente utilizada para la fabricación de piensos es la harina de soja, que es la fuente preferente de alimento para las aves de corral.

La harina de soja contiene entre el 40 y el 48 por ciento de proteína bruta, en función de la cantidad de cáscaras que se quitan y del procedimiento de extracción del aceite. Respecto a otras harinas de semillas oleaginosas, la proteína de soja tiene un buen balance de aminoácidos esenciales, que pueden complementar la mayor parte de las dietas basadas en cereales. La disponibilidad de aminoácidos de la harina de soja es más alta que la de otras harinas de semillas oleaginosas. El contenido de energía metabolizable también es sustancialmente mayor que el de otras harinas de semillas oleaginosas.

La soja cruda contiene diversos factores antinutricionales, incluidos los inhibidores de la proteasa, que pueden afectar negativamente a la digestión de proteínas y al rendimiento de las aves. Sin embargo, estos inhibidores quedan destruidos por el calor durante el proceso de elaboración de la harina de soja. La harina de soja adecuadamente elaborada es una excelente fuente de proteína para todos los tipos de aves de corral que no presenta limitaciones de uso.

La producción de soja ha aumentado considerablemente en las últimas dos décadas para satisfacer la creciente demanda de aceite para el mercado de la alimentación humana y de harina para el mercado de la alimentación animal. Los principales productores de soja son los Estados Unidos de América, el Brasil y la Argentina, que son también los principales exportadores. En la actualidad, más del 50 por ciento de la cosecha está genéticamente modificada, principalmente para la tolerancia a herbicidas, y hay en curso un debate y una campaña de rechazo contra la presencia de ingredientes genéticamente modificados en las dietas de los

animales. Si el mercado no acepta las fuentes genéticamente modificadas, el potencial de mejora futura de la calidad nutricional y del incremento de la productividad será limitado.

### PRINCIPALES FUENTES DE PROTEÍNA ANIMAL

Con la notable excepción de la harina de soja, las fuentes de proteína de origen vegetal presentan en general un desequilibrio nutricional por lo que respecta a los aminoácidos esenciales, en particular la lisina, el primer aminoácido limitante en los cereales. A menos que se complementen con fuentes de proteína animal y aminoácidos cristalinos, es posible que las dietas a base de vegetales no logren satisfacer las necesidades de aminoácidos esenciales para la producción de huevos y carne. Debido a su precio elevado, los ingredientes con proteína animal no suelen utilizarse como principales fuentes de proteína, sino para equilibrar el contenido de aminoácidos de la dieta. En muchos países, los fabricantes de alimentos animales garantizan que los ingredientes con proteína animal en las dietas de las aves de corral no están por debajo de los niveles mínimos, en especial en las dietas para las aves jóvenes, cuyas necesidades de aminoácidos son altas. Las necesidades de aminoácidos esenciales se van reduciendo progresivamente a medida que aumenta la edad de las aves, por lo que es posible satisfacer las necesidades de las aves menos jóvenes con dietas que contienen niveles más bajos de proteína animal y niveles relativamente más altos de proteína vegetal. La harina de pescado y la harina de carne son las fuentes de proteína animal más utilizadas en las dietas de las aves de corral.

### HARINA DE PESCADO

La harina de pescado es una fuente excepcional de proteínas de alta calidad y su precio suele reflejarlo. La harina de pescado proporciona además una abundante cantidad de minerales (calcio, fósforo y oligoelementos), vitaminas del grupo B y ácidos grasos esenciales. La presencia de factores de crecimiento no identificados es otra característica de la harina de pescado. Por todo ello, las formulaciones de alimentos animales tratan de garantizar niveles mínimos de harina de pescado en las dietas.

La harina de pescado consiste esencialmente en pescado triturado seco. La harina de pescado de buena calidad es de color marrón, si bien la tonalidad varía según el tipo de pescado que se utiliza y las condiciones de elaboración. Una tonalidad muy oscura es un indicador de sobrecalentamiento, que puede destruir los aminoácidos, reducir su disponibilidad y, en última instancia, hacer que disminuya la calidad de la proteína.

La harina de pescado es una importante fuente de ingredientes de proteína animal en la mayoría de los países en desarrollo, a veces la única. Puede ser importada o de producción local. Las harinas de pescado locales suelen contener entre el 40 y el 50 por ciento de proteína bruta frente al 60 por ciento de proteína o más de las harinas de pescado importadas. Las harinas de pescado locales son generalmente de baja calidad debido a la falta de control de la calidad del pescado crudo y de las condiciones de elaboración y almacenamiento. A menudo son adulteradas con diluyentes baratos como, por ejemplo, fuentes de proteínas de escasa calidad (gallinaza seca, harinas de semillas oleaginosas), urea y diluyentes no nutritivos como la arena. Algunas harinas de pescado pueden ser inaceptables debido a causas como la putrefacción, la presencia de impurezas o el contenido excesivo de

sal. Las muestras que contienen hasta un 15 por ciento de sal no son infrecuentes. Esta situación pone de manifiesto la falta de medidas de control de calidad en la mayoría de los países en desarrollo. Dado que la sal tiene efectos laxantes y de retardo del crecimiento, su contenido en las harinas de pescado debe someterse a una atenta supervisión; para obtener los mejores resultados debe ser inferior al 3 por ciento, si bien legalmente puede llegar hasta un 7 por ciento.

La cantidad correcta de harina de pescado que ha de incluirse depende del tipo de harinas de cereales y de semillas oleaginosas de la formulación del alimento. El costo de la harina de pescado es otro factor determinante. En general, los niveles de inclusión promedio pueden ser de hasta un 8 por ciento en el caso de las aves jóvenes, e inferiores al 4 por ciento para las aves de carne y las ponedoras de más edad. Deberá evitarse superar estos niveles en las dietas de finalización y puesta, ya que, de lo contrario, podrían impregnar de pescado la carne y los huevos. El uso de harina de pescado se puede compensar, en cierta medida, si las condiciones de cría no son las ideales.

Las posibilidades de expansión futura de la producción de harina de pescado son limitadas. La producción no parece haber aumentado en los últimos 20 años y es improbable que lo haga en el futuro, dada la presión a la que está sometida la pesca mundial. La harina de pescado está incluida en la prohibición del uso de proteínas animales en Europa. Existe asimismo una preocupación subyacente acerca de la presencia de posibles contaminantes (por ejemplo, dioxinas) en la harina de pescado.

## HARINA DE CARNE

La harina de carne contiene niveles relativamente altos de proteínas, calcio y fósforo disponibles. Es un producto seco elaborado con tejidos de mamíferos, con exclusión de pelos, pezuñas, astas, recortes de piel, sangre y contenido estomacal, salvo en las cantidades que se producen en las buenas prácticas de matadero. Las harinas de carne se componen principalmente de huesos y tejidos asociados, como tendones, ligamentos, algunos músculos esqueléticos, el tracto gastrointestinal, los pulmones y el hígado. La variación en las proporciones de estas materias primas repercute en la importante variación en la calidad de la harina de carne. Dependiendo de la proporción entre el hueso y el tejido blando utilizados en la fabricación, el producto final se denomina harina de carne (cuando contiene más del 55 por ciento de proteína bruta y menos del 4,4 por ciento de fósforo) o harina de carne y hueso (cuando contiene menos del 55 por ciento de proteína bruta y más del 4,4 por ciento de fósforo).

El colágeno es la proteína principal de huesos, tejido conectivo, cartílagos y tendones, y no contiene triptófano. En las harinas de carne de mala calidad, del 50 al 65 por ciento del total de proteínas puede ser colágeno. El aumento del nivel de contenido de hueso en la harina de carne reduce su valor nutritivo y hace que la calidad de sus proteínas pueda variar mucho por lo que a la composición y digestibilidad de los aminoácidos se refiere. La calidad de las proteínas también se ve afectada por la temperatura utilizada en el proceso de elaboración de la harina de carne.

Como suplemento de las dietas basadas en cereales, la harina de carne es de menor calidad que la harina de pescado o la harina de soja. El triptófano es el primer aminoácido limitante en la harina de carne para las aves de corral alimentadas con dietas a

base de maíz; la lisina y la metionina también son limitantes. Por regla general, en las dietas de las aves de corral se recomienda un uso de harina de carne y hueso no superior al 10 por ciento, principalmente debido a que dicho nivel satisface las necesidades de fósforo.

En los últimos años, los fabricantes de alimentos animales tienen que hacer frente a problemas de inocuidad cada vez mayores, como ilustra la crisis de la encefalopatía espongiiforme bovina, asociada con la alimentación de animales rumiantes con harinas de carne. En la actualidad el uso de harinas de carne en la fabricación de alimentos para animales está prohibido en algunas partes del mundo y el futuro a largo plazo de esta materia prima se presenta incierto.

## REFERENCIAS

- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. Y Heinemann, W.W.** 1990. *Feeds & nutrition*. Clovis, California, EE.UU., Ensminger Publishing.
- FAO.** Sistema de información sobre recursos de piensos, División de Producción y Sanidad Animal.
- Kellems, R.O. y Church, D.C.** 2010. *Livestock feeds and feeding*. Boston, Massachusetts, EE.UU., Prentice Hall.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1991. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. I. Energy sources. *World's Poultry Science Journal*, 47: 213–231.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1992. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. II. Plant protein sources. *World's Poultry Science Journal*, 48: 205–231.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal*, 49: 219–235.

# Suplementos y aditivos de los alimentos

**Velmurugu Ravindran**, *Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelandia*

El objetivo de la formulación de los alimentos es obtener una dieta equilibrada que aporte a las aves las cantidades adecuadas de nutrientes biológicamente disponibles para satisfacer sus necesidades. Además de energía y proteínas, las formulaciones contienen suplementos que aportan minerales, vitaminas y aminoácidos específicos. Estos suplementos tienen que añadirse a todas las dietas, ya que proporcionan los nutrientes esenciales necesarios para la salud y el rendimiento. Las formulaciones modernas de los alimentos también contienen toda una serie de aditivos no nutritivos, que pueden no ser esenciales, pero influyen de manera significativa en el rendimiento y la salud. En muchos casos, la necesidad de su inclusión es bien conocida. Un factor fundamental que hay que considerar en la selección de estos aditivos es su eficacia. Los suplementos y aditivos de los alimentos se utilizan solo en pequeñas cantidades y es especialmente importante que se mezclen cuidadosamente con los ingredientes principales de manera que queden distribuidos de manera uniforme.

## SUPLEMENTOS NUTRICIONALES UTILIZADOS EN LA FORMULACIÓN DE ALIMENTOS PARA AVES DE CORRAL

### Suplementos de minerales

Solo una parte de las necesidades de minerales de las aves queda cubierta con los alimentos naturales presentes en la dieta. Por consiguiente, en las formulaciones de los alimentos deberán incluirse los suplementos de minerales.

**Macrominerales.** Las aves de corral requieren cantidades relativamente grandes de determinados minerales como el calcio, el fósforo y el sodio. El calcio y el fósforo son necesarios para el crecimiento y el desarrollo normal del esqueleto. Las aves de corral necesitan un nivel de calcio inusualmente alto durante el período de producción de huevos para la formación de cáscaras de huevo fuertes. Los suplementos de calcio habitualmente utilizados en la alimentación de las aves de corral son la piedra caliza, las conchas marinas trituradas o la harina de conchas marinas. Se puede incluir piedra caliza en polvo a un nivel no superior al tres por ciento, ya que unos niveles más altos reducirían el consumo de alimentos. Por ello es preciso proporcionar a las ponedoras de alta producción el calcio adicional necesario como conchas en polvo o piedra caliza en polvo.

Para satisfacer las necesidades de fósforo de las aves de corral, las formulaciones deben complementarse con fuentes de fósforo inorgánico. En las dietas que contienen harina de pescado y hari-

na de carne y hueso, la suplementación con fuentes inorgánicas puede no ser necesaria. Los fosfatos inorgánicos utilizados en las dietas de las aves de corral son el fosfato dicálcico, la harina de hueso, el fosfato de roca, el fosfato desfluorado y el fosfato tricálcico, que suministran todos ellos calcio y fósforo. Es importante que los fosfatos inorgánicos provengan de fuentes fiables, ya que la contaminación con flúor puede ser un problema en algunas regiones. Los niveles excesivos de flúor en la fuente de fosfato pueden afectar negativamente al rendimiento del ave.

Un avance reciente en la nutrición de fósforo ha sido la disponibilidad de enzimas fitasa comerciales, que contribuyen a mejorar la digestión de las aves y la utilización del fósforo ligado al ácido fítico. Estas enzimas mejoran asimismo la disponibilidad de fósforo procedente de materia vegetal y reducen la necesidad de incluir fosfatos inorgánicos en las formulaciones de alimentos. Estas enzimas son un aditivo no nutritivo.

La sal común está incluida en todas las dietas como fuente de sodio y estimulante del apetito. La sal se añade en la dieta de las aves de corral a un nivel comprendido entre el 0,2 y el 0,4 por ciento. El exceso de sal hace que aumente el consumo de agua y provoca excretas húmedas. El uso de la sal se puede reducir o incluso eliminar si se utiliza más de un cinco por ciento de harina de pescado en la dieta.

La mayoría de las formulaciones también contienen del 0,2 al 0,3 por ciento de bicarbonato sódico (bicarbonato común). La inclusión de esta sustancia reviste especial importancia en los climas cálidos, ya que cuando la temperatura ambiente es alta, las aves aumentan su ritmo de respiración para aumentar la velocidad de enfriamiento por evaporación, perdiendo así cantidades excesivas de dióxido de carbono. Esto puede tener como consecuencia una disminución del índice de crecimiento y de la calidad de las cáscaras de huevo, tal y como se observa a menudo en las ponedoras de alta producción. En estas condiciones, es recomendable la sustitución de parte del suplemento de sal con bicarbonato sódico.

**Oligoelementos.** Estos elementos son necesarios en la dieta en concentraciones mínimas, por lo general alrededor del 0,01 por ciento. Los oligoelementos (zinc, cobre, hierro, manganeso, cobalto, selenio) normalmente se añaden, por tanto, en forma de premezclas.

### Suplementos vitamínicos

Todas las vitaminas, excepto la vitamina C, se deben suministrar con la dieta. Las vitaminas son necesarias solo en pequeñas cantidades y se proporcionan habitualmente en forma de premezclas



## CUADRO 1

## Aditivos no nutritivos comúnmente utilizados en las formulaciones de alimentos para aves de corral

Aditivo	Ejemplos	Razones para su uso
Enzimas	Xilanasas, $\beta$ -glucanasas, fitasa	Paliar los efectos antinutricionales de los arabinoxilanos (en trigo y tritical), $\beta$ -glucanos (en cebada) o fitato (en todos los alimentos vegetales); mejorar la disponibilidad global de nutrientes y el valor nutritivo
Antibióticos <sup>1</sup>	Avilamicina, virginiamicina, bacitracina-cinc, avoparcina, tilosina, espiramicina	Controlar las bacterias gram-positivas, las especies de bacterias intestinales nocivas; mejorar la eficiencia de la producción como medida profiláctica contra la enteritis necrótica
Coccidiostáticos	Monensina, salinomicina, narasina	Prevenir y controlar los síntomas clínicos de la coccidiosis
Pigmentos	Xantofila (naturales y sintéticos)	Intensificar el color de la yema de los huevos y mejorar el color de la piel y el aspecto de la canal
Antioxidantes	Butilhidroxitoluol (BHT), butilhidroxianisol (BHA), etoxiquina	Evitar la autooxidación de grasas y aceites en la dieta
Antifúngicos		Controlar el crecimiento de moho en los alimentos; mitigar los efectos negativos de las micotoxinas
Sustitutos de los antibióticos <sup>2</sup>		
i. Alimentación directa con microbianos	Probióticos	Proporcionar especies benéficas como los lactobacilos y los estreptococos
ii. Prebióticos	Fruto-oligosacáridos (FOS), manano-oligosacáridos (MOS)	Ligar las bacterias nocivas
iii. Ácidos orgánicos	Ácido propiónico, diformiato	Reducir el pH intestinal y evitar el crecimiento de bacterias nocivas
iv. Botánicos	Hierbas, especias, extractos vegetales, aceites esenciales	Prevenir el crecimiento de bacterias nocivas
v. Proteínas y péptidos antimicrobianos	Lisozima, lactacin F, lactoferrina, alfa-lactoalbúmina	Prevenir el crecimiento de bacterias nocivas

<sup>1</sup> El uso de avoparcina, bacitracina-cinc, espiramicina, virginiamicina y fosfato de tilosina como aditivos para piensos de animales fue prohibido en la Unión Europea en 1998.

<sup>2</sup> En previsión de una prohibición total del uso de antibióticos en los alimentos animales, se están sometiendo a examen en la actualidad una multitud de compuestos (individualmente y en combinación).

de vitaminas, que pueden comprarse a proveedores comerciales. Aunque las premezclas de vitaminas representan solo el 0,05 por ciento de la dieta, pueden tener un importante efecto sobre el rendimiento de las aves.

### Aminoácidos cristalinos

Hoy en día las formas puras de aminoácidos individuales están disponibles comercialmente. En la actualidad los aminoácidos limitantes en las dietas de aves de corral metionina, lisina, treonina y triptófano (en ese orden) se pueden adquirir a un costo razonable e incluirse en las dietas de las aves de corral para equilibrar los niveles de aminoácidos. Los suplementos de aminoácidos desempeñan ahora una función muy importante en la mejora de la utilización de proteínas en la alimentación animal.

### ADITIVOS NO NUTRITIVOS UTILIZADOS EN LAS FORMULACIONES DE ALIMENTOS PARA LAS AVES DE CORRAL

Las formulaciones para las aves de corral también contienen una serie de sustancias conocidas como "aditivos para piensos". Estas son sustancias no nutritivas que se añaden, por lo general, en cantidades inferiores al 0,05 por ciento para mantener el estado de salud, la uniformidad y la eficiencia de la producción en sistemas de producción intensiva. Estos aditivos se han convertido en componentes vitales de las dietas prácticas. En el Cuadro 1 figura una lista de aditivos para piensos de uso común.

Dos novedades recientes relacionadas con los aditivos para piensos merecen una mención especial. En primer lugar, existe un creciente interés en el uso de enzimas para piensos para mejorar

la utilización de los nutrientes de las materias primas y reducir los costes de la alimentación. Pueden obtenerse mejoras en la disponibilidad de nutrientes mediante uno o más de los siguientes mecanismos: i) degradación de enlaces específicos en ingredientes no degradados normalmente por las enzimas digestivas endógenas; ii) degradación de factores antinutritivos que reducen la disponibilidad de nutrientes; iii) aumento de la accesibilidad de nutrientes a las enzimas digestivas endógenas, y iv) suplementación de la capacidad enzimática en los animales jóvenes. Son enzimas muy utilizadas en la industria de aves de corral las carbohidrasas, que degradan los componentes de fibra viscosa en los cereales (Cuadro 1), y las fitasas, que actúan sobre los complejos de ácido fítico de los ingredientes vegetales. Más recientes son los preparados de enzimas técnicamente satisfactorios para su uso en las dietas de maíz-soja. Los futuros avances en la tecnología de las enzimas para la alimentación animal implican el desarrollo de enzimas que pueden utilizarse para centrar los factores antinutritivos de los alimentos no tradicionales y mejorar su valor alimenticio.

La segunda novedad es la reciente prohibición del uso de antibióticos en los piensos en algunos países. En otros países, el número de antibióticos disponibles para su uso en las dietas de las aves de corral se ha restringido. Los antibióticos se han utilizado en las dietas de las aves de corral durante muchos años como protección contra los patógenos y las enfermedades subclínicas y por el consiguiente aumento del crecimiento. La eliminación de esta medida preventiva tiene serias repercusiones en la productividad de las aves y ha impulsado un considerable esfuerzo de investigación cuyo objetivo es encontrar posibles alternativas a los antibióticos, algunas de las cuales se enumeran en el Cuadro 1.



**REFERENCIAS**

- El Boushy, A.R.Y. y van der Poel, A.F.B.** 1994. *Poultry feed from waste: Processing and use*. Londres, Chapman and Hall.
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. y Heinemann, W.W.** 1990. *Feeds & nutrition*. Clovis, California, EE.UU., Ensminger Publishing.
- Kellems, R.O. y Church, D.C.** 2010. *Livestock feeds and feeding*. Boston, Massachusetts, EE.UU., Prentice Hall.
- Leeson, S. y Summers, J.D.** 2001. *Scott's nutrition of the chicken*, 4.<sup>a</sup> edición. Nottingham, Reino Unido, Nottingham University Press.
- Scanes, C.G., Brant, G. y Ensminger, M.E.** 2004. *Poultry science*. Upper Saddle River, New Jersey, EE.UU., Pearson Prentice Hall.

# Alimentos alternativos para su uso en formulaciones de alimentos para aves de corral

**Velmurugu Ravindran**, *Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelandia*

El consumo mundial de productos avícolas, especialmente de la carne de aves de corral, ha experimentado un constante crecimiento en los últimos años, una tendencia que se prevé continuará. Gran parte del incremento de la demanda mundial de productos de aves de corral corresponde a los países en desarrollo. Este crecimiento de la industria avícola está ejerciendo un profundo efecto en la demanda de alimentos animales y materias primas. Sin embargo, resulta evidente que las necesidades relativas a los cuatro ingredientes tradicionales maíz, harina de soja, harina de pescado y harina de carne no se pueden satisfacer, ni siquiera haciendo una previsión optimista. Se prevé que la brecha existente entre la oferta y la demanda local de estos ingredientes tradicionales aumente en las próximas décadas, lo cual es una razón de peso para investigar la posible utilidad de los alimentos alternativos localmente disponibles en las formulaciones de alimentos para las aves de corral.

Existe una amplia variedad de alimentos alternativos disponibles en los tres sistemas de producción de aves de corral. Los sistemas de producción avícola que ofrecen un mayor potencial para usar de manera eficiente estos alimentos alternativos son los sistemas familiares tradicionales (aves de corral de traspatio y aves que se alimentan con desechos) y el sistema semicomercial. En el sistema semicomercial, solo parte del alimento necesario se compra a fabricantes de piensos compuestos comerciales, por lo que existe la posibilidad de realizar en el mismo centro de producción la mezcla o dilución de los piensos adquiridos con alimentos alternativos localmente disponibles. En los sistemas avícolas familiares de bajos insumos, los alimentos alternativos localmente disponibles se pueden utilizar para complementar la base de recursos alimenticios constituida por sobras y desechos.

## CUESTIONES RELACIONADAS CON ALIMENTOS NO TRADICIONALES

Los alimentos alternativos se denominan a menudo “alimentos no tradicionales”, ya que no se han utilizado tradicionalmente en la alimentación animal ni suelen utilizarse tampoco en las dietas animales comerciales. Sin embargo, es difícil establecer una neta distinción entre alimentos tradicionales y no tradicionales, pues los alimentos que pueden clasificarse como no tradicionales en algunas regiones, pueden utilizarse como alimentos tradicionales desde hace muchos años en otras. Además, hay alimentos clasificados en principio como no tradicionales, pero que en la actualidad se usan cada vez más en las dietas comerciales. Un buen ejemplo es la harina de palmiste, un alimento no tradicional

en África occidental pero cada vez más utilizado por los fabricantes de piensos del sudeste asiático, especialmente en la dieta de pollitas y ponedoras.

Es un hecho ampliamente reconocido que en los países africanos y asiáticos en desarrollo los recursos de alimentación existentes en muchos casos o bien se pierden o bien no se utilizan o se utilizan de manera ineficaz. La mayoría de estos alimentos alternativos tienen un potencial evidente, pero su uso ha sido insignificante debido a las limitaciones impuestas por factores nutricionales, técnicos y socioeconómicos (Cuadro 1). Existen tres criterios principales que determinan el uso sistemático de un alimento en las dietas comerciales: i) debe estar disponible en cantidades económicas, incluso si su disponibilidad es estacional; ii) su precio debe ser competitivo en comparación con el de los alimentos principales, y iii) su valor nutritivo debe ser conocido, incluido el contenido de nutrientes, la variación existente y la digestibilidad de los nutrientes. En muchos países en desarrollo, puede resultar difícil evaluar el valor nutritivo de cualquier alimento, debido a la falta o escasez de centros de investigación y análisis adecuados. Este es uno de los principales factores que disuaden a los fabricantes de piensos comerciales de tomar en consideración el uso de ingredientes alternativos.

### CUADRO 1

Factores que limitan el uso de ingredientes alternativos en las formulaciones de alimentos para aves de corral

#### Aspectos nutricionales

- Variabilidad (o falta de coherencia) de la calidad de los nutrientes
- Información limitada sobre la disponibilidad de nutrientes
- Alto contenido de fibra
- Presencia de factores antinutricionales
- Necesidad de suplementación de nutrientes (costo adicional)

#### Aspectos técnicos

- Suministro estacional e inseguro
- Volumen, características físicas
- Necesidad de descascarado y/o elaboración (secado, detoxificación)
- Falta de centros de investigación y desarrollo para la determinación de la composición de nutrientes y los niveles de inclusión en las dietas de las aves de corral

#### Aspectos socioeconómicos

- Competencia con el uso como alimento humano
- Bajos precios en comparación con otros cultivos herbáceos (agricultores)
- Costo por unidad de energía o aminoácidos limitantes respecto a los alimentos tradicionales (fabricantes de piensos)
- Costo de elaboración

**CUADRO 2**
**Fuentes alternativas de energía que pueden sustituir al maíz en las dietas de las aves de corral**

Alimentos	Comentarios
<b>Cereales</b>	
Trigo	Se puede utilizar cuando sus costos sean competitivos Limitación: los altos contenidos de polisacáridos no amiláceos provocan problemas intestinales de viscosidad del bolo; se puede utilizar sin restricciones si se añaden carbohidrasas exógenas
Sorgo	Limitación: los taninos disminuyen la digestibilidad de proteínas y energía; el sorgo con bajo contenido de taninos puede sustituir completamente al maíz
Mijo	Puede sustituir el 50-65% del maíz, según el tipo de mijo Limitaciones: alto contenido de fibra, presencia de taninos
<b>Subproductos de cereales</b>	
Salvado de arroz/pulimento	Limitaciones: alto contenido de fibra, ácido fólico, rancidez; puede usarse materia de buena calidad hasta un nivel del 5-10% en las dietas de pollos de engorde y de hasta un 40% en las dietas de las gallinas ponedoras
Salvado de trigo	Limitación: alto contenido de fibra; se puede utilizar a niveles inferiores al 5% en las dietas de pollos de engorde y hasta un nivel del 15% en las dietas de las ponedoras
<b>Raíces y tubérculos</b>	
Harina de raíz de yuca	Alto contenido de almidón, excelente fuente de energía Limitaciones: baja en proteínas, textura en polvo, necesidad de detoxificación para eliminar los glucósidos cianogénicos; se puede utilizar a un nivel del 30-40% en dietas granuladas y nutricionalmente equilibradas
Harina de cáscaras de yuca	Limitaciones: alto contenido de fibra, altos niveles de glucósidos cianogénicos, necesidad de elaboración; la harina cuidadosamente preparada puede utilizarse al 5%
Harina de tubérculo de boniato	Alto contenido de almidón, buena fuente de energía Limitación: textura en polvo; se puede utilizar a un nivel de hasta el 50% en dietas en forma de gránulos y nutricionalmente equilibradas
Colocasia	Limitaciones: Escasa palatabilidad debido al oxalato de calcio, necesidad de elaboración; la harina elaborada puede utilizarse a un nivel de hasta el 10%
<b>Frutas y subproductos de las frutas</b>	
Banano y harina de banano	Limitación: baja palatabilidad debido a los taninos de la cáscara; la eliminación de las cáscaras mejora el valor nutritivo; la inclusión debe estar limitada a un 10-20%
Harina del fruto del árbol del pan	Buena fuente de energía; se puede incluir hasta un nivel del 30%
Harina de semillas de albopán	Limitaciones: presencia de lectinas en las semillas crudas, necesidad de elaboración; la harina elaborada puede utilizarse a un nivel de hasta el 30%
Harina de semilla de mango	Limitación: altos niveles de taninos; la harina elaborada se puede utilizar a un nivel del 5-10%
Residuos de dátiles	Limitación: alto contenido de azúcar; el uso debe limitarse al 30% de la dieta
<b>Varios</b>	
Harina de sagú	Limitación: textura en polvo; puede incluirse hasta un 25%
Melaza de caña	Limitaciones: alto contenido de azúcar, problemas derivados de la cama húmeda; su uso debe limitarse al 15% de la dieta
Grasas animales	Sebo, manteca y grasa de aves de corral; fuentes de energía de alta densidad que permiten el uso de alimentos de baja energía en las formulaciones; se puede utilizar hasta un nivel del 5-8%
Granos secos de destilería con solubles (DDGS)	Alto contenido de grasa (10%), buena fuente de energía; se puede utilizar hasta un nivel del 25%

En los últimos años ha despertado gran interés la evaluación de recursos de alimentación alternativos y la divulgación de los datos publicados sobre la materia, especialmente de los procedentes de los países en desarrollo. Las listas de alimentos alternativos que en principio tienen un mayor potencial como sustitutos del maíz, la harina de soja y las proteínas animales se presentan en los cuadros 2, 3 y 4, respectivamente. Estas listas no pretenden ser exhaustivas: esta nota informativa no tiene como objetivo revisar toda la bibliografía existente sobre todos y cada uno de los ingredientes, sino más bien determinar cuáles son las cuestiones generales que limitan su uso y los niveles máximos de inclusión en las dietas avícolas comerciales.

**PERSPECTIVAS FUTURAS DE LOS ALIMENTOS ALTERNATIVOS**

Las perspectivas inmediatas para el uso de alimentos alternativos que se ilustran en los cuadros 2, 3 y 4 corresponden a sistemas se-

micomerciales de aves de corral que efectúan en alguna medida la mezcla de alimentos en la explotación, así como a sistemas familiares de cría de aves de corral. En estos sectores, donde el objetivo es la productividad económica en lugar de la máxima productividad biológica, los alimentos alternativos pueden representar una útil contribución a la alimentación de las aves de corral.

Antes de poder tomar en consideración el uso de estos alimentos en el moderno sector comercial avícola, es preciso superar la mayoría de las limitaciones que se recogen en los cuadros 2, 3 y 4, si no todas. Existe otra serie de posibilidades para mejorar el valor alimenticio e incrementar los niveles de inclusión de muchos de estos alimentos alternativos, a saber: i) formulación de dietas basadas en aminoácidos digestibles en lugar de aminoácidos totales, ii) uso de aminoácidos cristalinos para equilibrar las especificaciones de aminoácidos, y iii) suplementación con enzimas exógenas comerciales para mejorar la disponibilidad de nutrientes y energía. El efecto de los suplementos de enzimas en alimentos

**CUADRO 3**

Fuentes alternativas de proteínas que pueden sustituir a la harina de soja en las dietas de las aves de corral

Alimentos	Comentarios
<b>Harinas de semillas oleaginosas<sup>1</sup></b>	
Harina de semilla de algodón	Limitaciones: alto contenido de fibra, presencia de gossipol; la harina con un bajo contenido de gossipol puede utilizarse a un nivel del 10%-15% en las dietas de pollos de engorde; limitar el uso en las dietas de las gallinas ponedoras debido a los efectos en la calidad interna de los huevos
Harina de canola	Limitación: presencia de glucosinolatos; las harinas con bajo contenido de glucosinolatos se pueden utilizar hasta un nivel del 30%
Harina de maní	Limitaciones: taninos, aflatoxina; la harina de buena calidad se puede utilizar hasta un nivel del 15%
Harina de girasol	Limitación: alto contenido de fibra Rica en metionina; se puede utilizar hasta un nivel del 15%
Harina de sésamo	Limitación: alto contenido de fitatos Buena fuente de metionina; se puede utilizar hasta un nivel del 15%
Harina de palmiste	Limitaciones: alto contenido de fibra, textura deficiente, baja palatabilidad; la harina de buena calidad puede utilizarse a un nivel del 5%-10% en las dietas de pollos de engorde y de hasta el 30% en las dietas de las gallinas ponedoras
Harina de copra (coco)	Limitaciones: bajo contenido proteico, presencia de micotoxinas; se puede utilizar a un nivel de hasta el 20%
Harina de semilla de caucho	Limitaciones: bajo contenido proteico, presencia de glucósidos cianogénicos, por lo que precisa elaboración; se puede utilizar a un nivel de hasta el 10%
<b>Leguminosas de grano<sup>2</sup></b>	
Altramuzes, arvejas forrajeras, garbanzos, arvejas de vaca, guandules, habas, etc.	Limitaciones: presencia de antinutrientes, bajo contenido en metionina; se puede utilizar a un nivel de hasta el 20%-30% cuando se elabora y se complementa con metionina; los cultivares actuales contienen bajos niveles de antinutrientes
<b>Harinas de materia verde</b>	
Harinas de hojas, harinas de plantas acuáticas	Ricas en minerales, niveles moderados de proteína Limitaciones: alto contenido de fibra, alto contenido de humedad y secado necesario; la mayor parte de las harinas de materia verde pueden utilizarse a niveles inferiores al 5%; algunas, como la lenteja de agua, pueden introducirse a niveles más altos
<b>Subproductos de destilería</b>	
Granos secos de destilería con solubles (DDGS)	Buena fuente de proteínas, aminoácidos y energía disponible Limitación: disponibilidad variable de aminoácidos; las harinas de buena calidad se pueden utilizar a un nivel de hasta el 25%

<sup>1</sup> En comparación con la harina de soja, otras harinas de semillas oleaginosas tienen un menor contenido de energía disponible, proteínas y aminoácidos esenciales y precisan suplementación con aminoácidos sintéticos y fuentes de energía. Se indica el nivel de inclusión para dietas nutricionalmente equilibradas.

<sup>2</sup> En los países en desarrollo se cultiva una variedad de leguminosas de grano. Se describen aquí solo una serie de especies seleccionadas. Hay que señalar que todas las legumbres crudas contienen factores antinutritivos, pero la mayoría de estos pueden ser eliminados mediante la elaboración.

**CUADRO 4**

Fuentes de proteínas de origen animal que pueden usarse en dietas de aves de corral

Alimentos	Comentarios
Ensilado de pescado seco	Una manera de convertir los residuos de pescado en suplemento de proteínas animales de calidad; puede reemplazar totalmente la harina de pescado Limitación: precisa secado
Harina de sangre	Alto contenido de proteínas Limitaciones: muy deficiente en isoleucina, escasa palatabilidad; se puede incluir a niveles no superiores al 5%
Harina de plumas hidrolizada	Alto contenido de proteínas Limitaciones: carente en varios aminoácidos esenciales, baja disponibilidad de aminoácidos; se puede incluir a niveles no superiores al 5%
Harina de subproductos de aves de corral	Valor alimenticio similar al de la harina de carne; nivel de inclusión recomendado del 5%
Leche desnatada en polvo	Rechazan la leche en polvo; proteínas de buena calidad; se puede incluir hasta el 5%
Nuevas fuentes: insectos, larvas de moscas, lombrices de tierra, termitas, abejas, caracoles, etc.	Buenas fuentes de proteínas; pueden reemplazar el 50% de harina de pescado en las formulaciones; suplementos útiles para aves de corral de los sistemas familiares Limitación: no existen sistemas comerciales de producción ni de cosecha

alternativos es doble: en primer lugar, eliminan o reducen la acción de los factores antinutritivos y, en segundo lugar, aumentan la digestibilidad y mejoran el valor nutritivo.

El mayor potencial para el uso de alimentos alternativos está en la alimentación de las ponedoras, independientemente del sistema de producción. Debido a diferencias fisiológicas, las pollitas y las ponedoras son más tolerantes a los altos contenidos en fibra, los alimentos de baja calidad y los problemas nutricionales que las aves de crecimiento rápido destinadas a la producción de carne. Algunos de estos alimentos pueden incluirse a niveles altos, pero esto tiene efectos negativos en la producción de huevos. El salvado de arroz y la harina de palmiste son un buen ejemplo de esta tolerancia. Ambos se pueden utilizar a un nivel máximo de solo un 10 por ciento en las dietas para pollos de engorde, pero se pueden incorporar de manera segura en la dieta de pollitas y ponedoras a un nivel que llega hasta un 30 por ciento.

**ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN SUPLEMENTARIA PARA LAS AVES DE CORRAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIARES**

El área donde las aves de la familia encuentran los desechos con los que alimentarse es, por regla general, limitada y con frecuencia está sobreexplotada. La cantidad y calidad de la base de la alimentación de las aves de corral de la familia son también muy variables, dependiendo sobre todo de la temporada, pero también de las precipitaciones y de las actividades agrícolas. El suministro de proteínas, minerales y vitaminas es a menudo elevado durante la estación de las lluvias debido a la abundancia de insectos y materia verde fresca, pero llega a ser crítico durante la estación seca. Por otro lado, la mayoría de la materia disponible es pobre en energía durante la mayor parte del año, ya que la base de alimentación suele tener un alto contenido de fibra. En general, los alimentos consumidos por las aves de corral de los sistemas

familiares son pobres en todos los principales nutrientes energía, proteínas, calcio y fósforo, por lo que se estima que la alimentación exclusiva con desechos no proporciona alimento suficiente para satisfacer las necesidades de crecimiento o de producción de huevos, y que el peso corporal y la cantidad de huevos pueden aumentar considerablemente mediante el suministro de alimentación suplementaria. Es probable que la administración estratégica de pequeñas cantidades de suplementos aumente la producción y reduzca al mínimo la mortalidad. Varios de los alimentos alternativos mencionados en esta nota informativa pueden desempeñar una función importante como alimentos suplementarios.

A diferencia del sistema de producción intensiva de aves de corral, el sistema de producción familiar se presta a la inclusión de alimentos alternativos localmente disponibles. La mayoría de estos alimentos están disponibles solo en temporada, en cantidades limitadas y en lugares específicos, pero pueden incluirse fácilmente en los sistemas avícolas familiares. Muchos de ellos están cargados de polvo y podrían desaprovecharse si se ofrecen en forma seca. Para evitar que se desaprovechen, es preferible, por lo tanto, suministrarlos en forma de pasta húmeda.

### Suplementos energéticos

la característica principal del sistema avícola tradicional es que no compite directamente con los seres humanos por el mismo alimento. Sin embargo, siempre que sea posible, es aconsejable suministrar pequeñas cantidades de granos como el mijo, el maíz y el sorgo como suplementos energéticos. Por consiguiente, deberá prestarse atención a los subproductos de cereales disponibles. En la mayoría de hogares y lugares, hay una serie de subproductos procedentes de la molienda de cereales disponibles para la alimentación animal, entre ellos salvado, cáscaras y residuos del cribado, los cuales, a pesar de su alto contenido en fibra, pueden ser valiosas fuentes de energía.

Los tubérculos macados y de pequeño tamaño, así como las raíces de la yuca, la batata y el ñame, que no son aptos para el consumo humano, están disponibles en muchas zonas y podrían elaborarse para obtener un alimento animal con un alto contenido energético. El método más práctico es cortarlos, secarlos al sol y machacarlos o molerlos para transformarlos en harina. Las cáscaras de yuca (que constituyen el 10 por ciento del peso del tubérculo) no se utilizan para el consumo humano y son un alimento económico para las aves de corral de la familia. Sin embargo, contienen altos niveles de cianuro, por lo que deben someterse a un proceso de elaboración para eliminar este factor tóxico antes de utilizarse como alimento; el simple secado al sol es suficiente. Los residuos de la producción de productos de yuca fermentada también puede ser útiles suplementos energéticos.

Para proporcionar energía se pueden usar también una serie de subproductos de las frutas localmente disponibles. Un buen ejemplo son las cáscaras del banano, que se pueden recoger en los mercados locales, secarse al sol y molerse para obtener una harina. Un secado adecuado es fundamental para evitar su deterioro y el crecimiento bacteriano. Una harina similar puede elaborarse con la semilla de mango, que tiene que hervirse antes de su secado. Estas dos harinas solas resultan poco apetecibles, por lo que deberán suministrarse mezcladas con otros alimentos.

En las zonas donde hay fábricas de cerveza o plantas de elaboración de frutas se pueden recoger subproductos, que se su-

ministrarán a las aves de corral en forma húmeda. Estas materias constituyen una buena fuente de energía suplementaria.

### Suplementos proteicos

#### Materia verde fresca

La materia verde fresca es la fuente más barata de proteínas disponible para las aves de corral de las familias. Entre la amplia variedad de materias disponibles podemos citar las hierbas, las hojas forrajeras (por ejemplo, leucaena, caliandra, sesbania), las hojas de las plantas cultivadas (por ejemplo, la yuca) y las plantas acuáticas (por ejemplo, la azolla, el jacinto de agua o la lenteja de agua), que se pueden cultivar en pequeñas parcelas en torno al hogar. En aquellos lugares donde hay lagunas, deberá fomentarse el cultivo de plantas acuáticas. La ventaja de la materia verde fresca es su alto rendimiento de materia seca, que puede cosecharse y suministrarse directamente a las aves de corral como alimento en forma fresca. Esta materia no es solo una buena fuente de proteínas: es además rica en pigmentos, vitaminas y minerales.

#### Subproductos industriales

Los subproductos procedentes de las industrias locales, tales como los molinos de aceite (harina de palmiste, harina de ajonjolí, harina de coco, harina de semilla de caucho), y las fibras (algodón, kapok) constituyen una buena fuente de proteínas. Algunas de estas materias ya se utilizan para complementar la alimentación de las aves de corral de las familias.

#### Subproductos de origen animal y subproductos de pescado

En aquellos lugares donde hay actividades pesqueras y de elaboración de carne, los residuos tienen un buen potencial para utilizarse en la alimentación de aves de corral, ya sea en forma fresca o elaborada. Por ejemplo, la carne comestible de la mayoría de los tipos de pescado es solo el 40 por ciento de su peso total, lo que deja un 60 por ciento para su uso como fuente de alimento proteico. Los recortes, desperdicios y residuos de pescado (cabezas y vísceras) pueden secarse y elaborarse para obtener una harina o conservarse como ensilado. La técnica de ensilado de pescado es muy sencilla, pero es necesario brindar capacitación a los productores.

#### Harinas de insectos

Los insectos pueden utilizarse para producir proteínas más baratas de animales no destinados a la alimentación. Los insectos son parte de la dieta natural de las aves de corral y las aves de corral que se alimentan de desechos consumen una amplia variedad, entre ellos saltamontes, grillos, termitas, pulgones, cochinillas, escarabajos, orugas, crisálidas, moscas, pulgas, abejas, avispas y hormigas. Los insectos son ricos en proteínas, con contenidos documentados de proteínas que van del 40 al 75 por ciento. Estas nuevas fuentes de proteínas pueden recogerse de las zonas circundantes. También existen posibilidades para la producción de insectos utilizando materiales de desecho.

**Larvas de insectos.** La digestión biológica de los residuos animales por las larvas de las moscas (en especial, la mosca común y la mosca soldado), así como la cría y uso de larvas y crisálidas es una forma económica de suministrar materia de alto valor proteico a

las aves de corral de las parvadas familiares. Las larvas de insectos pueden producirse con las sobras de la cocina y los residuos de origen animal dejando que la materia se descomponga en un área protegida, donde acuden los insectos y ponen sus huevos. En las orientaciones sobre la producción de media a gran escala de pupas de mosca con residuos de origen animal se describe cómo se utiliza la luz para provocar el desplazamiento de las larvas a través de una pantalla desde los residuos hasta un compartimento inferior, donde pupan y se cosechan.

**Termitas.** Las termitas no solo se recogen en la naturaleza, sino que también pueden criarse y cosecharse cerca de la unidad familiar. Las termitas tienen una capacidad única para digerir la fibra y su producción debería vincularse con el reciclaje de residuos de madera y papel. En algunos países africanos se aplica un método simple de cría de termitas en los residuos de cultivos para la suplementación de las aves de corral familiares. Para contener las termitas se usan ollas de barro invertidas y llenas de materia fibrosa humedecida, que deberán estar protegidas contra el calor excesivo y la desecación. Las larvas de termitas pueden cosecharse entre la tercera y la cuarta semana.

#### Harinas de pequeños animales

**Lombrices de tierra:** Las lombrices de tierra son una fuente natural de alimento para las aves de corral que se crían al aire libre y, vivas o desecadas, resultan muy apetecibles para las aves de corral. La cría de lombrices para la pesca es habitual en muchos los países. Las lombrices también pueden producirse y cosecharse fácilmente para utilizarse en la alimentación de las aves de corral familiares partiendo de la biodegradación del estiércol animal. Las técnicas para la cría de lombrices de tierra o lombricultura están bien establecidas y pueden modificarse para adaptarse a los sistemas de producción de pequeña escala. Para obtener buenos resultados en la cría de lombrices de tierra se requiere: i) una fuente de alimentos; ii) una humedad apropiada (más del 50 por ciento de contenido de agua); iii) una aireación adecuada, y iv) protección contra el calor excesivo. Un kilo de lombrices de tierra consume y digiere de 0,5 a 1,0 kg de residuos al día. Debido a que las lombrices se alimentan de la parte superior, la mayor parte de ellas se encuentran entre los 10 y los 20 cm de la parte superior del estiércol y pueden cosecharse fácilmente. Como alternativa, se pueden dejar los pollos en el área de cría para que se alimenten con las lombrices ellos solos. En condiciones adecuadas de crecimiento, pueden cosecharse hasta 30 000 lombrices por metro cuadrado.

**Caracoles.** El caracol gigante africano es una de las principales plagas de jardín, particularmente abundante durante la estación húmeda. La recogida de caracoles y su uso como alimento es, por lo tanto, también de interés para el control de plagas. Los cuerpos de los caracoles contienen ácido cianhídrico, presumiblemente acumulado por la ingestión de materias que contienen cianuro, pero este factor tóxico se puede eliminar por completo mediante su cocinado.

#### Suplementos vitamínicos y minerales

Las aves que se alimentan con desechos tienen muchas más oportunidades de equilibrar las propias necesidades de micronutrien-

tes. En la alimentación de estas aves, los minerales y vitaminas proceden a menudo de las materias orgánicas e inorgánicas que picotean del medio ambiente. Fuentes importantes de minerales y vitaminas son las conchas de caracoles, los insectos, las frutas frescas y la materia verde fresca.

#### REFERENCIAS

- El Boushy, A.R.Y. y van der Poel, A.F.B.** 1994. *Poultry feed from waste: Processing and use*. Londres, Chapman and Hall.
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. y Heinemann, W.W.** 1990. *Feeds & nutrition*. Clovis, California, EE.UU., Ensminger Publishing.
- FAO.** Sistema de información sobre recursos de piensos, División de Producción y Sanidad Animal.
- Kellems, R.O. y Church, D.C.** 2010. *Livestock feeds and feeding*. Boston, Massachusetts, EE.UU., Prentice Hall.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1991. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. I. Energy sources. *World's Poultry Science Journal*, 47: 213–231.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1992. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. II. Plant protein sources. *World's Poultry Science Journal*, 48: 205–231.
- Ravindran, V. y Blair, R.** 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal*, 49: 219–235.
- Ravindran, V. y Bryden, W.L.** 1999. Amino acid availability in poultry – in vitro and in vivo measurements. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 889–908.
- Sonaiya, E.B.** 1995. Feed resources for smallholder poultry in Nigeria. En *Con mejores piensos, más alimentos para la población*. Revista mundial de zootecnia, 82.



# Inocuidad de los piensos

**Velmurugu Ravindran**, *Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelanda*

## PELIGROS POTENCIALES RELACIONADOS CON LOS PIENSOS

La inocuidad de los piensos y su reglamentación son motivo de preocupación internacional. Los alimentos para animales están habitualmente sujetos a contaminación de fuentes diversas, lo que puede tener importantes repercusiones en la inocuidad de los alimentos de origen animal. La inquietud de la opinión pública acerca de la inocuidad de los alimentos ha aumentado en los últimos años debido a problemas como la encefalopatía espongiiforme bovina (EEB), la contaminación por dioxinas y melamina, los focos de infecciones bacterianas de origen alimentario, y la resistencia microbiana a los antibióticos. Dada la relación directa entre la inocuidad de los piensos y la inocuidad de los alimentos de origen animal, es esencial que los procedimientos de producción y fabricación de piensos cumplan unos estrictos requisitos en materia de inocuidad.

Algunas fuentes de contaminación de los piensos constituyen una prioridad en todos los sistemas de producción y países, a saber: i) las micotoxinas (toxinas micóticas), ii) los agentes biológicos patógenos, y iii) determinadas sustancias químicas. Estos agentes pueden contaminar los piensos en cualquier fase de la cadena producción y llegar hasta el punto de alimentación, comportando en consecuencia diversos riesgos para los alimentos de origen animal. Los agentes biológicos y químicos normalmente penetran en el suministro de piensos bajo condiciones específicas. Las micotoxinas, sin embargo, están más extendidas, en particular en los países en desarrollo, debido al uso de prácticas agrícolas inadecuadas de almacenamiento y elaboración. Las micotoxinas no solo representan un problema de inocuidad alimentaria, sino que pueden repercutir también gravemente en el rendimiento de las aves de corral, cuestión que tratamos con detalle en esta nota informativa.

## AGENTES BIOLÓGICOS PATÓGENOS

La alimentación de las aves de corral puede ser el origen de enfermedades humanas causadas por el consumo de productos avícolas. El agente presente en los piensos para aves de corral que despierta mayor preocupación es la salmonela, causa de intoxicación alimentaria en los seres humanos. La principal manifestación de la salmonelosis humana es la gastroenteritis. La salmonela está ampliamente extendida en la naturaleza, por lo que la alimentación de los animales representa solo una de las muchas fuentes de contaminación para los animales de granja. Los piensos de origen animal están con especial frecuencia contaminados con salmonela.

La contaminación por salmonela puede evitarse mediante el control del abastecimiento y el uso en la formulación de las dietas de piensos negativos a la salmonela. Para garantizar la calidad microbiológica de los piensos suelen utilizarse tratamientos térmicos de diversa entidad.

## CONTAMINACIÓN QUÍMICA

En el sistema de producción de piensos pueden introducirse, de manera voluntaria o involuntaria, una amplia gama de sustancias químicas. Entre los agentes potencialmente peligrosos figuran medicamentos veterinarios, productos químicos agrícolas (plaguicidas, fungicidas), sustancias químicas industriales (por ejemplo, dioxinas), metales pesados (por ejemplo, mercurio, plomo, cadmio) y adulterantes (por ejemplo, la melamina). Estos agentes químicos pueden acumularse en los tejidos animales, excretarse en la leche o incorporarse en los huevos y causar problemas de salud en los seres humanos.

Algunos medicamentos veterinarios, como los antibióticos y anticoccidianos, se agregan habitualmente como aditivos a los piensos para aves de corral. En las aves para producción de carne, el problema de los residuos de medicamentos en la carne puede solucionarse mediante la administración de una dieta libre de medicamentos de siete a diez días antes del sacrificio. Sin embargo, el posible desarrollo de resistencias microbianas debido a la utilización de antimicrobianos en las dietas animales se ha convertido en los últimos años en un importante motivo de preocupación pública. Por ello, en las industrias avícolas de los países desarrollados el uso de antibióticos en los piensos está prohibido o sujeto a restricciones. La mayoría de los restantes contaminantes químicos entran en los piensos a través de materiales vegetales, especialmente cereales y semillas tratadas. Los niveles de sustancias químicas en los materiales vegetales están estrechamente re-

## CUADRO 1

Origen de las principales micotoxinas en piensos comunes

Micotoxina	Especie fúngica
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> ; <i>A. parasiticus</i>
Ocratoxinas	<i>A. ochraceus</i> ; <i>Penicillium viridicatum</i> ; <i>P. cyclospium</i>
Tricotecenos	
- Deoxinivalenol	<i>Fusarium culmorum</i> ; <i>F. graminearum</i>
- Toxina T-2	<i>F. sporotrichioides</i> ; <i>F. poae</i>
Zearalenona	<i>F. culmorum</i> ; <i>F. graminearum</i> ; <i>F. poae</i>
Fumonisin	<i>F. moniliforme</i>



lacionados con los niveles de contaminantes de los suelos donde se cultivan. Del mismo modo, las grasas animales utilizadas en las formulaciones de las dietas pueden contener elevados niveles de contaminantes liposolubles si se producen con alimentos cultivados en zonas contaminadas.

## MICOTOXINAS

Con el término *micotoxinas* se hace referencia a todas las toxinas producidas por distintos tipos de hongos que crecen en los productos agrícolas antes o después de la cosecha o durante su transporte o almacenamiento. Generalmente los productos que resultan más afectados son los cereales, las semillas oleaginosas y las harinas de semillas oleaginosas. Estas toxinas pueden no solo poner en peligro el rendimiento de las aves, sino también afectar a los seres humanos debido a los residuos que pueden depositarse en los tejidos animales. Se han identificado numerosas micotoxinas con diferentes estructuras químicas y actividades biológicas. En el Cuadro 1 figura una lista de las principales micotoxinas con relevancia económica presentes en los piensos para aves de corral.

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el crecimiento de hongos, la contaminación de los cereales con micotoxinas puede comenzar en el campo o producirse durante la elaboración y almacenamiento de las cosechas. El contenido de humedad de los productos cosechados y la temperatura ambiente son los principales determinantes de la contaminación por hongos y la producción de micotoxinas. Algunos hongos, como *Fusarium* spp., normalmente infestan los granos antes de la cosecha. Otros, como *Penicillium* spp., lo hacen después de la cosecha, mientras que *Aspergillus* spp. puede crecer tanto antes como después de la cosecha. Sin embargo, la presencia de hongos no indica necesariamente que exista contaminación por micotoxinas.

Las distintas micotoxinas afectan a los animales de formas diferentes. Ciertas toxinas son cancerígenas (por ejemplo, aflatoxina B<sub>1</sub>, ocratoxina A, fumonisina B<sub>1</sub>) y otras estrogénicas (zearalenonas). Algunas afectan al sistema nervioso (fumonisina B<sub>1</sub>), mientras que otras afectan a los riñones (ocratoxinas) o tienen una acción inmunosupresora (aflatoxina B<sub>1</sub>, ocratoxina A y toxina T-2). En función del grado de contaminación, estos efectos pueden tener con el tiempo un impacto negativo en el rendimiento. Los efectos de una micotoxina son a menudo difíciles de diagnosticar, ya que no son necesariamente provocados de manera exclusiva por una micotoxina determinada, sino que pueden estar causados también por otras micotoxinas o amplificados por las interacciones entre ellas. Muchas especies de hongos son asimismo capaces de producir micotoxinas. Hay pruebas recientes que ponen de manifiesto la contaminación conjunta de muestras de pienso con múltiples micotoxinas, lo cual tiene graves repercusiones tanto en la inocuidad de los piensos como en el rendimiento de los animales. Los riesgos provocados por la presencia simultánea de diversas micotoxinas no se conocen claramente.

Además, dependiendo del grado de contaminación, las micotoxinas o sus metabolitos pueden depositarse en la carne, las vísceras y los huevos. Su nivel de concentración en productos de origen animal es considerablemente inferior a los niveles presentes en los alimentos consumidos por los animales y no causan toxicidad aguda en los seres humanos. No obstante, los residuos de micotoxinas cancerígenas, como las aflatoxinas y la ocratoxi-

na A, pueden afectar la salud humana. En la mayoría de los casos, sin embargo, la principal fuente de micotoxinas para los seres humanos no son los productos de origen animal sino los cereales y legumbres contaminados.

## Aflatoxinas

Los *Aspergillus*, hongos productores de aflatoxinas, proliferan en condiciones de temperatura y humedad relativamente altas y suelen considerarse hongos de almacenamiento. La contaminación por aflatoxinas está, por tanto, prácticamente limitada a los climas cálidos. Los niveles de aflatoxinas en ciertos tipos de piensos (cereales y harinas de semillas oleaginosas) representan un problema importante en los países tropicales, problema que requiere un seguimiento cuidadoso y un tratamiento adecuado. Todas las especies de aves de corral son susceptibles a la aflatoxina, en particular los patos jóvenes.

## Ocratoxinas

Las ocratoxinas están producidas por una especie de *Aspergillus* y dos especies de *Penicillium*. Todas ellas son especies de almacenamiento, pero el *Aspergillus* prospera en ambientes cálidos y húmedos, mientras que los hongos *Penicillium* crecen esencialmente en ambientes templados. Las ocratoxinas representan, por tanto, un problema tanto en las regiones tropicales como en las templadas. La ocratoxina A y B son dos formas que se presentan como contaminantes en estado natural. La ocratoxina A es más ubicua y está presente principalmente en los cereales y los tejidos de los animales alimentados con piensos contaminados.

## Micotoxinas producidas por *Fusarium*

Los hongos *Fusarium* son "mohos de campo", ya que las condiciones de cultivo (elevada humedad) favorecen su supervivencia y crecimiento. Los hongos *Fusarium* son ubicuos y hay granos de cereales y piensos contaminados con micotoxinas de *Fusarium* en todo el mundo. La mayoría de los hongos del género *Fusarium* pueden producir toxinas. De particular importancia son los tricotecenos, la zearalenona (ZEN) y las fumonisinas. Los tricotecenos incluyen la toxina T-2 y el deoxinivalenol (DON, también conocido como vomitoxina). Además, una especie determinada puede producir varias toxinas diferentes y los cultivos de cereales están a menudo contaminados por diversas especies de *Fusarium* al mismo tiempo, por lo que en los piensos contaminados pueden estar presentes distintas toxinas simultáneamente.

## MÉTODOS DE CONTROL O DESCONTAMINACIÓN DE MICOTOXINAS

Las micotoxinas se encuentran regularmente en ingredientes de los piensos como el maíz, el sorgo, la cebada, el trigo, la harina de arroz, la harina de semillas de algodón, el maní y otras leguminosas. En general, las micotoxinas son compuestos relativamente estables que no se destruyen con la elaboración de los piensos e incluso pueden concentrarse con el cribado. Los piensos cuya contaminación con micotoxinas supera los niveles establecidos no deben suministrarse a animales productores de huevos o carne para el consumo humano.

No es fácil evitar la presencia de micotoxinas en el medio ambiente. La prevención de la contaminación de los productos agrícolas por hongos y sus micotoxinas consta de tres niveles.

### Prevención primaria

La mejor estrategia antes y después de la cosecha en un año determinado depende de las condiciones climáticas. Por desgracia, impedir las condiciones meteorológicas que favorecen la infección por hongos queda fuera del control humano. Sin embargo, el conocimiento de los factores ambientales que propician la infección, crecimiento y producción de toxinas es el primer paso para lograr reducir las micotoxinas en los piensos. Pueden mantenerse las condiciones desfavorables para el crecimiento de hongos mediante varias prácticas, a saber: i) el desarrollo de variedades de cultivos resistentes a los hongos; ii) el control de la infección con fungicidas sobre el terreno; iii) la programación de las cosechas en la estación adecuada según la región; y iv) la disminución del contenido de humedad de los piensos después de la cosecha y durante el almacenamiento.

### Prevención secundaria

Este nivel de prevención es necesario cuando los hongos se encuentran ya en el pienso. Deben eliminarse los hongos o detenerse su crecimiento para evitar un ulterior deterioro y la contaminación por micotoxinas. Las siguientes medidas pueden ser útiles: i) proteger los productos almacenados en condiciones que favorecen el continuo crecimiento de hongos; ii) usar inhibidores del moho (por ejemplo, ácidos orgánicos) contra la proliferación de hongos; iii) almacenar las materias primas a baja temperatura, siempre que sea económicamente posible; iv) detener el crecimiento de la infestación por hongos mediante el resecado de los productos; y v) eliminar el material contaminado.

### Prevención terciaria

Cuando el producto presenta una infestación por hongos tóxicos elevada, la prevención primaria y secundaria ya no son factibles. Si los niveles de micotoxinas son conocidos, es posible diluir el material contaminado y producir un pienso de mezcla con un nivel de

micotoxina específica inferior al nivel crítico. Esta mezcla de piensos para reducir las concentraciones de micotoxinas está permitida a nivel oficial, si bien está sujeta a restricciones en varios países.

Existen una serie de aditivos que pueden utilizarse en las dietas para eliminar o detoxificar las micotoxinas y reducir sus efectos negativos sobre los animales. Estos aditivos se dividen en dos categorías: adsorbentes de micotoxinas, que aglutinan y adsorben las micotoxinas impidiendo su absorción en el intestino, y desactivadores de micotoxinas, que desactivan micotoxinas específicas. Los efectos de algunas micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas y fumonisinas) pueden reducirse de manera eficaz mediante la inclusión de adsorbentes adecuados, mientras que los de otras (tricotecenos y zearalenona) solo pueden eliminarse mediante la desactivación. Entre los adsorbentes comunes están los aluminosilicatos de sodio y calcio hidratados, polisacáridos esterificados de la pared celular de la levadura y arcillas tales como las zeolitas y bentonitas. Sorbentes diferentes tienen diferentes afinidades para micotoxinas específicas. Sin embargo, existe el riesgo de que los agentes adsorbentes no específicos puedan impedir la absorción de micronutrientes en el intestino. Algunos desactivadores de micotoxinas efectivos de los que disponemos en la actualidad actúan por degradación enzimática o biotransformación de las micotoxinas.

### REFERENCIAS

- Cliver, D.O. y Rieman, H.P.**, eds. 2002. *Foodborne diseases*. Boston, Massachusetts, EE.UU., Academic Press.
- Diaz, D.E.**, ed. 2004. *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham, Reino Unido, Nottingham University Press.
- Sinha, K.K. y Bhatnagar, D.** 1998. *Mycotoxins in agriculture and food safety*. Nueva York, M. Dekker.
- Tollefson, L.** 1999. *Chemical foodborne hazards and their control*. Filadelfia, Pensilvania, EE.UU., Saunders.
- Weidenborner, M.** 2008. *Mycotoxins in food safety*. Nueva York, Springer.