



Cátedra Nanta
de Ganadería de Precisión
Universidad Zaragoza



BASES PRÁCTICAS EN NUTRICION DE BROILER:

ASPECTOS BÁSICOS DE USO COMUN

Descripción breve

Se describen algunos aspectos básicos relacionados con la nutrición de broilers de uso diario y común de forma didáctica

Contenido

Información adicional y perspectivas clave de los perfiles nutricionales:	2
Nutrición proteica y aminoácidos más importantes.....	6
Concepto Glicina-Equivalente	7
Uso de enzimas en nutrición de broiler	8
Importancia del balance electrolítico (BE)	10
Importancia de la presentación y calidad del pienso.....	12
Materias primas alternativas. Impacto en productividad y sostenibilidad.....	14
Bibliografía	16

BASES PRÁCTICAS EN NUTRICION DE BROILER

Información adicional y perspectivas clave de los perfiles nutricionales:

- **Planes de Alimentación:** La mayoría de los técnicos proponen un mínimo de **4 tipos de piensos** a lo largo de la vida del pollo, e incluso 5 o 6 en algunas empresas, lo que ha llevado a la práctica desaparición de los planes de 3 piensos observados en 2014.
- **Tendencias en la Energía Metabolizable (EMA):**
 - Mientras que el valor energético de los piensos según FEDNA disminuyó entre 2014 y 2022 (entre 28 y 29 kcal), el valor medio aportado por los nutricionistas **aumentó entre 13 y 23 kcal**.
 - Esto ha provocado un aumento en la diferencia de valoración energética entre FEDNA y la media de los nutricionistas, de 4-5 a 47-55 kcal EMA/kg, probablemente debido a que los nutricionistas consideran un mayor aporte energético de las **enzimas (carbohidrasas y fitasas)**.
 - La tendencia general en los piensos es a una **reducción significativa de los niveles energéticos** empleados, especialmente a mayor edad del ave, influenciada por el incremento del coste de las grasas y aceites, los sistemas de contratos de integración, y posiblemente la prevención de miopatías en la canal.
- **Aminoácidos y Proteína Ideal:**
 - Los niveles medios de la relación **Lisina digestible/EMA** utilizados por los técnicos y recomendados por FEDNA han **aumentado en las primeras fases** de alimentación del pollo (alrededor del 3-4%), manteniéndose estables en las últimas.
 - En 2022, el perfil de proteína ideal utilizado por los técnicos es **muy similar al propuesto por FEDNA**, con una baja variabilidad general, a excepción del triptófano y la glicina equivalente (Glyeq).
 - Hay un **creciente número de técnicos que ya consideran la Glyeq** en el perfil de la proteína ideal, a diferencia de 2014, y con niveles ligeramente superiores a los propuestos por FEDNA.
 - Un bajo porcentaje de técnicos (20%) asigna valor a los aminoácidos digestibles cuando valoran las fitasas, mientras que **dos tercios les dan valor energético y de calcio**.
- **Macrominerales (Calcio y Fósforo):**
 - Entre 2014 y 2022, se observan valores superiores de **fósforo disponible (Pdis)** y **fósforo digestible (Pdig)**, así como de **calcio**, cuando se considera

- el efecto de la **fitasa**, lo que indica un uso de dosis más elevadas y una mayor asignación de valor a la fitasa.
- La utilización de **fósforo digestible (Pdig.)** como unidad de valoración ha crecido significativamente, siendo casi el doble de frecuente su uso que el de Pdis. en 2022.
 - Los niveles de **Ca/EMA** empleados por los técnicos han **disminuido, especialmente en las fases 3 y 4**, siguiendo la tendencia de las recomendaciones FEDNA 2018.
 - **Sodio:** Los valores de sodio se mantienen muy similares entre las encuestas de 2014 y 2022, y a las recomendaciones de FEDNA 2018.
 - **Oligoelementos y Vitaminas:**
 - Los niveles de oligoelementos y vitaminas empleados en la práctica suelen ser **superiores a los recomendados por FEDNA** (en 2022, un 25-30% superiores de media respecto a FEDNA 2018).
 - Las vitaminas **E, ácido fólico y biotina** son las que se utilizan por encima del 40% de las recomendaciones medias de FEDNA 2018.
 - Los niveles actuales de vitaminas son, en promedio, un **10% inferiores a los de 2014**, destacando la vitamina E (25-35% menos) y la colina añadida (30-40% menos), posiblemente debido a las crisis de precios y el uso de alternativas.
 - Existe un **aumento significativo (25-35%) en los niveles de vitaminas** empleados en España en los últimos 23 años en comparación con un estudio de 1999, y son entre un 15% y un 35% superiores a los usados en EE. UU., en parte debido a la predominancia del trigo como base del pienso en España.
 - Un 30% de los técnicos consultados incorporan **betaína**, y un 40% utilizan **oligoelementos en formas distintas a las convencionales**.
 - **Presentación del Pienso y Trigo Entero:**
 - La **migaja predomina en la primera fase** (94% de uso), mientras que el **gránulo es la presentación universal en la fase final** (100% de uso).
 - El **diámetro del gránulo aumenta con la edad** del pollo, desde 1.8 mm hasta 4.0 mm.
 - Hasta el 60% de los participantes incorporan **trigo entero** en algunas fases, con porcentajes que varían del 3% al 20% y aumentan con la edad del animal.
 - **Otros Nutrientes:**
 - El contenido mínimo de **ácido linoleico** es superior en la práctica (media +50%) a las recomendaciones de FEDNA 2018, disminuyendo con la edad.
 - El contenido de **fibra bruta** se limita con un mínimo (alrededor del 3%) y un máximo (entre 4-4.5%), valores similares a las recomendaciones de FEDNA 2018.
 - El **cloro** tiene un límite superior práctico más bajo que FEDNA 2018 en las últimas fases, mientras que el límite inferior coincide.
 - Solo el 23% de los técnicos consultados utilizan el **balance electrolítico**.

Este estudio destaca la relevancia de las Normas FEDNA como referencia y la necesidad de una actualización constante debido al desarrollo genético y la incorporación de aditivos y parámetros nutricionales más precisos.

Perfiles Nutricionales para Broilers Convencionales (FEDNA 2018 vs. Media Encuesta 2022)

Nutriente	Unidad	Fase 1 (0-14 días)	Fase 2 (14-23 días)	Fase 3 (23-36 días)	Fase 4 (36-43 días)
Recomendaciones FEDNA 2018					
Energía Metabolizable (EMA)	Kcal/kg	2950	3050	3100	3120
Proteína Bruta (PB)	%	21.2	20.0	18.5	17.5
Lisina digestible (Lysdig.)	%	1.22	1.10	1.00	0.92
Relación Lysdig./EMA	g/Mcal	4.136	3.607	3.226	2.949
Metionina (Met) (Perfil Ideal)	% Lys	40.0 (1-3 sem)	41.0 (3-6 sem)	41.0 (3-6 sem)	41.0 (3-6 sem)
Metionina + Cistina (Met+Cys) (Perfil Ideal)	% Lys	74.0 (1-3 sem)	76.0 (3-6 sem)	76.0 (3-6 sem)	76.0 (3-6 sem)
Treonina (Thr) (Perfil Ideal)	% Lys	65.0 (1-3 sem)	66.0 (3-6 sem)	66.0 (3-6 sem)	66.0 (3-6 sem)
Triptófano (Trp) (Perfil Ideal)	% Lys	17.0 (1-3 sem)	18.0 (3-6 sem)	18.0 (3-6 sem)	18.0 (3-6 sem)
Isoleucina (Ile) (Perfil Ideal)	% Lys	67.0 (1-3 sem)	68.0 (3-6 sem)	68.0 (3-6 sem)	68.0 (3-6 sem)
Arginina (Arg) (Perfil Ideal)	% Lys	105.0 (1-3 sem)	106.0 (3-6 sem)	106.0 (3-6 sem)	106.0 (3-6 sem)
Valina (Val) (Perfil Ideal)	% Lys	78.5 (1-3 sem)	79.0 (3-6 sem)	79.0 (3-6 sem)	79.0 (3-6 sem)
Leucina (Leu) (Perfil Ideal)	% Lys	107.0 (1-3 sem)	107.0 (3-6 sem)	107.0 (3-6 sem)	107.0 (3-6 sem)
Glicina equivalente (Glyeq) (Perfil Ideal)	% Lys	126.0 (1-3 sem)	118.0 (3-6 sem)	118.0 (3-6 sem)	118.0 (3-6 sem)
Calcio (Ca)	%	0.98	0.90	0.75	0.70
Fósforo digestible (Pdig.)	%	0.45	0.40	0.34	0.32
Sodio (Na)	%	0.19	0.17	0.16	0.15
Vitamina A	UI/kg	10,000	9,000	9,000	7,000
Vitamina D3	UI/kg	3,500	3,000	3,000	2,500
Vitamina E	UI/kg	25	25	25	20
Ácido Fólico	mg/kg	1.0	0.8	0.8	0.45
Biotina	µg/kg	130	100	100	30
Hierro (Fe)	mg/kg	33	30	30	25
Cobre (Cu)	mg/kg	8	7	7	5

Zinc (Zn)	mg/kg	75	65	65	55
Manganeso (Mn)	mg/kg	90	70	70	65
Selenio (Se)	mg/kg	0.34	0.34	0.34	0.34
Yodo (I)	mg/kg	1.1	0.85	0.85	0.55
Media Encuesta 2022					
Energía Metabolizable (EMA)	Kcal/kg	2963	3018	3059	3078
Proteína Bruta (PB)	%	21.3	19.8	18.3	17.2
Lisina digestible (Lysdig.)	%	1.25	1.12	1.00	0.91
Relación Lysdig./EMA	g/Mcal	4.208	3.705	3.271	2.962
Metionina (Met) (Perfil Ideal)	% Lys	40.3 (1-3 sem)	41.6 (3-6 sem)	41.6 (3-6 sem)	41.6 (3-6 sem)
Metionina + Cistina (Met+Cys) (Perfil Ideal)	% Lys	74.1 (1-3 sem)	76.5 (3-6 sem)	76.5 (3-6 sem)	76.5 (3-6 sem)
Treonina (Thr) (Perfil Ideal)	% Lys	65.6 (1-3 sem)	66.0 (3-6 sem)	66.0 (3-6 sem)	66.0 (3-6 sem)
Triptófano (Trp) (Perfil Ideal)	% Lys	17.1 (1-3 sem)	17.6 (3-6 sem)	17.6 (3-6 sem)	17.6 (3-6 sem)
Isoleucina (Ile) (Perfil Ideal)	% Lys	66.5 (1-3 sem)	67.8 (3-6 sem)	67.8 (3-6 sem)	67.8 (3-6 sem)
Arginina (Arg) (Perfil Ideal)	% Lys	104.9 (1-3 sem)	105.8 (3-6 sem)	105.8 (3-6 sem)	105.8 (3-6 sem)
Valina (Val) (Perfil Ideal)	% Lys	76.6 (1-3 sem)	77.7 (3-6 sem)	77.7 (3-6 sem)	77.7 (3-6 sem)
Leucina (Leu) (Perfil Ideal)	% Lys	107.1 (1-3 sem)	107.4 (3-6 sem)	107.4 (3-6 sem)	107.4 (3-6 sem)
Glicina equivalente (Glyeq) (Perfil Ideal)	% Lys	128.3 (1-3 sem)	123.0 (3-6 sem)	123.0 (3-6 sem)	123.0 (3-6 sem)
Calcio (Ca)	%	0.96	0.87	0.78	0.71
Fósforo digestible (Pdig.)	%	0.45	0.40	0.35	0.32
Sodio (Na)	%	0.18	0.17	0.16	0.15
Vitamina A	UI/kg	10,770	9,793	9,180	8,052
Vitamina D3	UI/kg	4,162	3,783	3,355	2,832
Vitamina E	UI/kg	50.4	44.4	37.7	34.1
Ácido Fólico	mg/kg	1.4	1.3	1.2	1.0
Biotina	µg/kg	201	170	162.6	127
Hierro (Fe)	mg/kg	41.6	40.4	44.2	40.6
Cobre (Cu)	mg/kg	12.0	11.8	12.2	11.4
Zinc (Zn)	mg/kg	82.0	79.2	75.4	71.9
Manganeso (Mn)	mg/kg	96.4	91.0	86.5	82.4
Selenio (Se)	mg/kg	0.28	0.28	0.30	0.29
Yodo (I)	mg/kg	1.4	1.3	1.2	1.1

Nutrición proteica y aminoácidos más importantes.

En la nutrición de pollos de engorde, los **aminoácidos** son nutrientes esenciales cruciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de las aves. No se establecen límites de proteína bruta (PB) para las aves, sino que se formula con los mínimos de aminoácidos (AA) esenciales. Se busca alcanzar un perfil de **proteína ideal** que proporcione el balance exacto de aminoácidos que el animal necesita en cada momento de su vida, optimizando la eficiencia alimenticia y minimizando la proteína cruda [anterior respuesta].

Los aminoácidos más importantes y sus roles metabólicos en la nutrición de pollos son:

- **Lisina (Lys):**
 - Es considerado el **primer aminoácido limitante** en dietas para pollos de engorde.
 - Su requerimiento ha **aumentado significativamente** debido a la selección genética para un crecimiento más rápido y una mayor deposición de carne magra (pechuga).
 - La concentración óptima de lisina digestible es vital para **maximizar la eficiencia alimenticia**, el rendimiento de la canal (especialmente la pechuga) y la sostenibilidad general de la producción avícola.
 - La peletización del pienso puede **incrementar el requisito de lisina** debido al aumento de la energía productiva de la dieta.
- **Metionina (Met) y Metionina + Cistina (Met+Cys):**
 - Son los **aminoácidos azufrados (SAA)** y suelen ser el **segundo o tercer aminoácido limitante** después de la lisina.
 - Son esenciales para la **síntesis de proteínas**, el desarrollo del plumaje y la función inmunológica.
 - El perfil de Met y Met+Cys se ha incrementado en las recomendaciones de estirpes como Ross y Cobb.
- **Treonina (Thr):**
 - Importante para la **síntesis de proteínas**, la producción de mucina que protege el tracto digestivo y la salud intestinal en general.
 - También tiene un papel en la **respuesta inmune** del ave.
 - Es frecuentemente el **tercero o cuarto aminoácido limitante** en piensos basados en maíz o cebada/trigo.
- **Triptófano (Trp):**
 - Es un precursor de la **niacina** (una vitamina B) y la **serotonina**.
 - La serotonina está involucrada en la **regulación de la ingesta de alimento**.
- **Arginina (Arg):**
 - Es un aminoácido esencial y un **precursor clave de la creatina fosfato**, un compuesto importante para el metabolismo energético en los músculos.
 - También es precursor del **óxido nítrico**, que influye en la vasodilatación y la función inmune.
 - La relación Arginina:Lisina (Arg:Lys) es crucial y ha sido objeto de estudio para optimizar el rendimiento de la pechuga.
- **Valina (Val), Isoleucina (Ile) y Leucina (Leu):**

- Conocidos como **aminoácidos de cadena ramificada (BCAA)**.
- Son esenciales para la **síntesis de proteínas musculares** y el metabolismo energético.
- Sus requerimientos están estrechamente relacionados con los de lisina, especialmente en la producción de carne magra.
- **Glicina (Gly) y Serina (Ser) / Glicina equivalente (Glyeq):**
 - La serina puede ser metabolizada en glicina, lo que los convierte en aminoácidos funcionalmente intercambiables. Se calcula como Glicina (%) + 0,7143 Serina (%).
 - Son considerados aminoácidos limitantes, especialmente en **pollitos de primera edad**.
 - Juegan un papel en la **excreción de ácido úrico** (la principal vía de eliminación de nitrógeno en las aves), la disponibilidad de agua y el equilibrio ácido-base.
 - La inclusión de la Glyeq en el perfil de proteína ideal es una tendencia creciente entre los nutricionistas.

En resumen, la formulación con estos aminoácidos digestibles y la aplicación del concepto de **proteína ideal** permiten a los nutricionistas cubrir las necesidades exactas de los pollos, lo que lleva a un crecimiento eficiente, a la reducción de los niveles de proteína bruta en la dieta y a una menor excreción de nitrógeno, lo que a su vez tiene beneficios económicos y ambientales.

Concepto Glicina-Equivalente

El concepto de **Glicina equivalente (Glyeq)** es una herramienta fundamental en la nutrición avícola, especialmente en pollos, que se utiliza para definir de manera más precisa las necesidades de aminoácidos en la dieta.

Definición: La glicina equivalente (Glyeq) se define como la suma de la glicina (Gly) y un porcentaje de la serina (Ser), debido a que la serina puede metabolizarse en glicina en el organismo del ave. Específicamente, se calcula mediante la fórmula: **Glicina equivalente = Glicina (%) + 0,7143 Serina (%)**. Esta fórmula reconoce que la glicina y la serina son aminoácidos intercambiables funcionalmente para el ave.

Utilidad y aplicación en pollos: La aplicación del concepto de glicina equivalente es crucial en la formulación de piensos para pollos por varias razones:

- **Optimización del perfil de proteína ideal:** La Glyeq se considera en el perfil de proteína ideal para pollos, lo que permite asegurar que el pienso contenga el balance exacto de aminoácidos que el animal necesita en cada etapa de su vida. Por ejemplo, las Normas FEDNA de 2018 ya incluyen recomendaciones de Glyeq en el balance de proteína ideal para pollos de 0 a 21 días (126%) y de 21 días al sacrificio (118%).
- **Reducción de los niveles de proteína bruta (PB):** Uno de los principales objetivos en la nutrición moderna es disminuir las concentraciones de proteína cruda en la dieta, manteniendo la productividad y la sostenibilidad ambiental. Al formular con mínimos de aminoácidos indispensables y glicina equivalente, se pueden

reducir significativamente las necesidades de proteína bruta. Los niveles mínimos de proteína, referidos a la energía metabolizable, han aumentado en los primeros piensos en la encuesta de 2022 en comparación con la edición anterior de FEDNA y la encuesta de 2014, como consecuencia del aumento de los niveles de lisina digestible por unidad de energía metabolizable en esos períodos.

- **Beneficios económicos:** La reducción de los niveles de proteína en el pienso contribuye directamente a la disminución de los costos de producción, ya que el exceso de componentes nitrogenados es costoso e indeseable.
- **Mitigación del impacto ambiental:** Dietas con menores niveles de proteína bruta resultan en una menor excreción de nitrógeno, lo que a su vez reduce la contaminación ambiental y la incidencia de problemas como las camas húmedas en las granjas.
- **Satisfacción de necesidades específicas:** En pollitos de primera edad, la glicina y la serina pueden ser aminoácidos limitantes. Al tener en cuenta la Glyeq, se asegura que estas necesidades se cubran adecuadamente para un desarrollo óptimo del ave.
- **Adaptación a la mejora genética:** El rápido desarrollo genético de las estirpes de pollos actuales exige una actualización constante de las especificaciones nutricionales. La estimación precisa del requerimiento de aminoácidos, incluyendo la Glyeq, es fundamental para maximizar la eficiencia alimenticia y la productividad.
- **Tendencia en la industria:** La consideración de la Glyeq en el perfil de proteína ideal por parte de los técnicos ha aumentado significativamente, especialmente si se compara con los datos de 2014, lo que indica una creciente confianza en este parámetro para optimizar la formulación. Sin embargo, es importante señalar que algunas empresas de genética, como Cobb y Ross, no siempre incluyen la Glyeq en sus recomendaciones de perfil de proteína ideal.

Uso de enzimas en nutrición de broiler

El uso de enzimas exógenas en la nutrición de pollos es una estrategia clave para mejorar la eficiencia alimenticia, optimizar la utilización de los nutrientes y reducir el impacto ambiental de la producción avícola. Los nutricionistas no establecen límites de proteína bruta (PB) para las aves, sino que formulan con los mínimos de aminoácidos esenciales, buscando un perfil de **proteína ideal** que proporcione el balance exacto de aminoácidos que el animal necesita en cada momento de su vida [pregunta anterior]. Las enzimas complementan esta estrategia al mejorar la disponibilidad de nutrientes, permitiendo reducir los niveles de PB sin comprometer el rendimiento.

Las principales enzimas utilizadas y su utilidad son:

- **Fitasas:**
 - **Mejora la disponibilidad de fósforo y calcio:** Las fitasas son enzimas que liberan el fósforo fítico (P fítico) de los ingredientes de origen vegetal, haciendo que este fósforo, así como parte del calcio, sea más disponible

para el ave. Esto es crucial porque el P fítico, principal forma de fósforo en los vegetales, no es completamente digerible por las aves. Los técnicos encuestados en 2022 mostraron valores superiores de fósforo disponible (Pdis) y digestible (Pdig), así como de calcio con el efecto de la fitasa, probablemente debido al uso de dosis más elevadas y a la asignación de un mayor valor de Pdig, Pdis y Ca de la fitasa.

- **Reducción de antinutrientes:** Al hidrolizar el fitato, las fitasas también reducen su efecto antinutricional, que puede afectar la digestión de otros nutrientes como los aminoácidos, la energía y otros minerales traza. Esto se traduce en una **reducción de las pérdidas endógenas**.
- **Beneficios económicos y ambientales:** Al mejorar la digestibilidad del fósforo, se reduce la necesidad de suplementar fósforo inorgánico en la dieta, disminuyendo así los costos. Además, una menor excreción de fósforo contribuye a reducir la contaminación ambiental.
- **Mayor confianza en el Pdig:** En 2022, la proporción de nutricionistas que usan Pdig frente a Pdis en la valoración es casi de 2 a 1, indicando una creciente confianza en esta unidad de medida para el fósforo.
- **Valoración limitada en aminoácidos:** Aunque las fitasas pueden liberar aminoácidos, solo un 20% de los técnicos encuestados en 2022 asigna valor en aminoácidos digestibles a las fitasas, mientras que dos tercios les dan valor energético y de calcio.
- **Carbohidrasas (e.g., xilanasas y β -glucanasas):**
 - **Mejora del valor energético:** Estas enzimas actúan sobre los carbohidratos no amiláceos (polisacáridos no amiláceos o PNA) presentes en cereales como el trigo y la cebada, que son comunes en dietas españolas. Al mejorar la digestibilidad de la fracción fibrosa, incrementan el valor energético de la dieta. Por ejemplo, para el cálculo de la energía metabolizable (EMA) de las fórmulas según FEDNA, se ha considerado el efecto de las enzimas aumentando el valor energético del trigo en un 3.5% y el de la cebada en un 5%.
 - **Reducción de la viscosidad de la digesta:** En dietas con altos niveles de cereales como el trigo, las carbohidrasas ayudan a reducir la viscosidad de la digesta en el tracto digestivo, lo que mejora la absorción de nutrientes y la salud intestinal.
 - **Aplicación práctica:** Aproximadamente la mitad de los nutricionistas asigna un valor extra de energía a cereales como el trigo (entre 1% y 6%) y la cebada (entre 1% y 7.5%) debido a las carbohidrasas.
- **Proteasas:**
 - Las proteasas son otro tipo de enzimas exógenas que **ayudan a la digestión de las proteínas**. Su administración contribuye a una utilización más eficiente del nitrógeno dietético. Permiten la mejora de la digestibilidad y absorción de aminoácidos, apoyando la estrategia de reducir los niveles de proteína bruta en la dieta sin afectar el rendimiento productivo. Al igual que otras enzimas, las proteasas contribuyen a la sostenibilidad al reducir la excreción de nitrógeno.

Utilidad General y Tendencias en Pollos:

- **Aumento de la eficiencia alimenticia:** Las enzimas exógenas en el pienso, especialmente fitasas y carbohidrasas, mejoran la digestibilidad de los nutrientes y, por lo tanto, la eficiencia de conversión del alimento (FCR). Esto se logra dirigiendo más energía hacia propósitos productivos.
- **Reducción de proteína bruta:** El uso de enzimas facilita la reducción de los niveles de proteína bruta en la dieta, lo cual es un objetivo zootécnico clave. Al mejorar la disponibilidad de aminoácidos y otros nutrientes, se puede formular con mayor precisión según el concepto de proteína ideal, lo que reduce la cantidad de nitrógeno que necesita ser ingerido y, por lo tanto, excretado.
- **Mitigación del impacto ambiental:** Una menor excreción de nitrógeno y fósforo por parte de las aves reduce la contaminación del medio ambiente y puede disminuir la incidencia de problemas como las camas húmedas en las granjas.
- **Mantenimiento de la integridad del tracto gastrointestinal (TGI):** Las enzimas, junto con la presentación del pienso (como el pelletizado), pueden influir positivamente en la morfología intestinal y la salud del TGI, lo que mejora la absorción de nutrientes.
- **Tendencia en la formulación:** La incorporación creciente de aditivos como las enzimas es una tendencia observada en la industria avícola. Un estudio comparativo entre 2014 y 2022 reveló un aumento en el número de nutricionistas que consideran el efecto de la fitasa en la disponibilidad de calcio y el uso de la unidad de Pdig en lugar de Pdis. Además, se ha observado un aumento en el aporte energético global de las fórmulas por parte de los nutricionistas, posiblemente debido a la consideración de un mayor aporte energético de los enzimas.

En conclusión, las enzimas son aditivos vitales en la nutrición moderna de pollos de engorde, permitiendo una formulación más precisa, un uso eficiente de los recursos y una reducción del impacto ambiental, todo lo cual contribuye a un sistema de producción avícola más sostenible.

Importancia del balance electrolítico (BE)

El **balance electrolítico (BE)**, comúnmente definido como $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ expresado en meq/kg (formas iónicas), es un parámetro nutricional de interés en la formulación de dietas para pollos de engorde. Aunque no todos los nutricionistas lo utilizan como un límite fijo en sus formulaciones, su importancia radica en las complejas interrelaciones de estos minerales en diversos procesos metabólicos y fisiológicos del ave.

Importancia e Interés en la Nutrición de Broilers:

- **Regulación del Balance Hídrico y Homeostasis:** Los electrolitos son fundamentales para el equilibrio hídrico y la homeostasis en las aves, así como para la asimilación de nutrientes.
- **Impacto en el Consumo de Pienso y Agua:** El BE puede jugar un papel importante en la regulación del consumo de pienso y agua.

- **Efectos sobre el Rendimiento Productivo:**
 - Un **déficit de sodio (Na⁺)** puede reducir el consumo de pienso y aumentar el nerviosismo, afectando la productividad general de las aves.
 - Un **exceso moderado de Na⁺** puede aumentar el consumo de agua y ligeramente el de pienso. Esto es particularmente relevante en épocas de calor, ya que el jadeo (evaporación de agua a través de las vías respiratorias) es el principal mecanismo del ave para disipar el calor.
 - La **suplementación con Cloruro de Potasio (KCl)** puede mejorar la capacidad del ave para liberar calor a través de la evaporación de agua en las vías respiratorias, lo que es crucial en situaciones de estrés por calor.
- **Calidad de la Cama y Salud del TGI:**
 - Un **exceso de Na⁺** puede contribuir a problemas de camas húmedas, especialmente en ambientes húmedos o en naves mal aisladas.
 - El **exceso de cloro (Cl⁻)**, si bien su efecto sobre la calidad de la cama es menos marcado que el de Na⁺ o K⁺, podría perjudicar los procesos de osificación en pollitos jóvenes y ponedoras al final del ciclo de puesta.
 - Se ha sugerido que un aumento moderado del nivel de Na⁺ y, por ende, de la humedad de las excretas, podría reducir el polvo generado en las naves en verano.
- **Confianza en el Concepto de Proteína Ideal:** El porcentaje de técnicos que introducen un mínimo de proteína en las fórmulas es inferior al de aquellos que establecen un mínimo de lisina digestible. Esto se debe a que algunos nutricionistas confían en el concepto de proteína ideal para asegurar que el pienso incorpore el mínimo de proteína necesario para cumplir con las especificaciones del perfil ideal.

Uso y Tendencias en la Práctica (Encuesta FEDNA 2022):

- **Uso Limitado:** Según la encuesta de 2022, el balance electrolítico es un parámetro que **solo es empleado por el 23% de los técnicos consultados**.
- **Rangos de Valores:** Los límites inferiores promedio utilizados por los técnicos oscilan entre **185 y 228 meq/kg**, y los superiores entre **218 y 255 meq/kg**, dependiendo de la fase de alimentación. Estos valores tienden a disminuir a medida que el pollo envejece.
- **Variabilidad:** La variabilidad (CV) en los valores utilizados es notable, oscilando entre el 7% y el 13%.
- **Falta de Recomendaciones Oficiales:** Las normas FEDNA de 2018 **no ofrecen recomendaciones específicas** para el balance electrolítico. Sin embargo, se reconoce el interés en incluir este parámetro en la formulación, aunque sin establecer valores mínimos ni máximos, y con la sugerencia de evitar cambios bruscos en el BE entre las diferentes fases del pienso (inicio, crecimiento, cebo). La razón de esta falta de recomendación práctica se debe a las limitaciones en la información disponible y la dificultad de establecer valores en situaciones reales.

Importancia de la presentación y calidad del pienso

La presentación del pienso, la calidad del pélet, y otros aspectos relacionados con la fabricación son de **gran importancia e interés** en la nutrición de pollos de engorde, ya que influyen significativamente en los resultados productivos y la salud de las aves.

Importancia General y Beneficios de la Pelletización:

- **Mejora del Valor Nutricional y Digestibilidad:** El pienso peletizado ofrece un valor nutricional mejorado. El tratamiento térmico asociado a la peletización mejora la digestibilidad del alimento al **desactivar factores antinutricionales** y permite la gelatinización parcial del almidón y la modificación de la proteína en los granos, haciéndolos **más susceptibles a la acción enzimática y una mejor digestión**. Esto se traduce en un incremento en el valor de la **Energía Metabolizable (EM)** del alimento (por ejemplo, en salvado de trigo, harinilla de trigo y germen de trigo).
- **Eficiencia Alimenticia y Reducción de Costos:**
 - La peletización **aumenta la eficiencia de conversión del alimento (FCR)** y el **aumento de peso**, ya que reduce el derrame de alimento durante el consumo.
 - Se estima que la alimentación con pélets puede reducir en un **67% la energía requerida para comer**, redirigiendo esa energía a fines productivos.
 - Hay una **mejora en la utilización de proteínas y la absorción de aminoácidos**, especialmente en subproductos como salvado de trigo y germen de trigo, debido a la destrucción de factores tóxicos termolábiles que afectan la digestión de proteínas.
- **Salud y Desarrollo del Tracto Gastrointestinal (TGI):**
 - La peletización **mantiene la estructura y función normal del TGI**.
 - Las aves alimentadas con pélets desarrollan una **molleja más robusta**, la cual actúa como una barrera que previene la entrada de bacterias patógenas al TGI distal.
 - El intestino delgado está **mejor integrado** en dietas con pélets, con un **aumento en la altura de las vellosidades**, lo que mejora la absorción de nutrientes.
 - Se observa una **mayor concentración de ácidos grasos volátiles (AGV)** y un **pH reducido en el ciego**, lo que tiene un efecto antimicrobiano contra bacterias patógenas como *Salmonella* y *Enterobacteriaceae*.
- **Ventajas Operacionales:**
 - **Disminución del desperdicio de alimento** y de la selección de ingredientes.
 - **Reducción del polvo** y aumento de la palatabilidad, lo que puede incrementar el consumo.
 - **Menor segregación de ingredientes.**
 - **Destrucción de organismos patógenos.**
 - **Reducción del espacio de almacenamiento** y adaptabilidad a la alimentación a granel y mecanizada.

Calidad del Pélet y Factores de Fabricación:

- **Finos (Fines):** La presencia de "finos" (partículas pequeñas) en el alimento peletizado es un problema crítico. Un alimento mal fabricado con exceso de finos lleva a un consumo heterogéneo, afectando la **uniformidad del lote** y el rendimiento productivo. Se estima una **pérdida de 0.01 en el índice de conversión por cada 10% de aumento de finos** en el alimento peletizado. La **calidad del pélet en el comedero** es lo que realmente importa, no solo al salir de la fábrica.
- **Método de Peletización:** La peletización con vapor (steam-pelleting) proporciona mayores beneficios en el valor energético y proteico, así como en la disponibilidad de fósforo, en comparación con la peletización en seco (dry-pelleting), que solo cambia la densidad aparente.
- **Temperatura de Peletización:** Temperaturas de hasta 80°C causan poca o ninguna destrucción de vitaminas. Sin embargo, a 90°C, el valor de la EM puede reducirse (ej., en una mezcla de maíz y soja).
- **Durabilidad del Pélet:**
 - Diversos aditivos como **bentonitas pulverizadas, subproductos de la industria de la pulpa de madera (hemicelulosas, lignina) y harina de guar** pueden aumentar la firmeza del pélet.
 - La **adición de humedad** (generalmente 15-17%) en la mezcladora también mejora la durabilidad y reduce el consumo de energía del molino de pélets, aunque requiere secado adicional para prevenir moho.
 - La **melaza** (1-2%) puede usarse como aglutinante, contribuyendo también con energía a la dieta.

Relación con los Requerimientos Nutricionales:

- **Requerimiento de Lisina:** El alimento en forma de pélet aumenta el requerimiento de lisina en aves en crecimiento en comparación con dietas en harina. Esto se debe a que la peletización incrementa la energía productiva de la dieta, y el requerimiento de algunos nutrientes se relaciona con el nivel de otros nutrientes disponibles para el ave.
- **Tablas de Biodisponibilidad:** Muchas tablas de biodisponibilidad de nutrientes se basan en alimento en forma de harina sin procesar, lo que puede llevar a diferencias en el rendimiento en campo cuando se utiliza alimento peletizado de baja calidad.

Prácticas Actuales en España (Encuesta FEDNA 2022):

- **Presentación del Pienso:** El uso de pienso en forma de harina es minoritario (alrededor del 12% de las respuestas).
 - En la **primera fase**, predomina la migaja (94%), y esta proporción se invierte a medida que el animal crece, llegando al 100% de gránulo en la fase 4.
 - Existe **prudencia en el cambio de presentación** en las fases 2 y 3, donde algunos nutricionistas usan "migaja gruesa" o "gránulo corto" para facilitar la transición.

- **Tamaño del Gránulo:** El diámetro del gránulo aumenta con la edad del pollo, oscilando entre 1.8 mm y 4.0 mm. La media es de 2.4 mm para la fase 1, 2.9 mm para la fase 2, y 3.5 mm para las fases 3 y 4.
- **Inclusión de Trigo Entero:** Hasta el 60% de los técnicos incorporan trigo entero en algunas fases, con porcentajes que varían del 3% al 20% y aumentan con la edad del animal. Esto a veces se utiliza para diluir la concentración nutricional del pienso.
- **Fibra como "Nutriente Funcional":** El contenido de fibra se limita para proporcionar estructura al pienso, con un límite inferior cercano al 3% (favoreciendo el desarrollo de la molleja y el TGI) y un superior entre 4% y 4.5%. Un mínimo de fibra y una molienda gruesa pueden favorecer la motilidad intestinal, el reflujo de la digesta y la actividad de las enzimas digestivas.

En resumen, la presentación física y la calidad del pélet en la nutrición de pollos son aspectos críticos que impactan directamente la digestibilidad de los nutrientes, la eficiencia alimenticia, la salud intestinal y, en última instancia, la rentabilidad de la producción avícola. Los nutricionistas españoles, como se refleja en la encuesta de FEDNA 2022, ajustan continuamente sus prácticas para optimizar estos factores a lo largo de las diferentes fases de vida del pollo.

Materias primas alternativas. Impacto en productividad y sostenibilidad

La importancia de las materias primas alternativas en la nutrición de broilers es **crucial en el contexto actual** debido a los desafíos económicos y de sostenibilidad que enfrenta el sector ganadero.

Desafíos que Impulsan el Uso de Alternativas

El sector ganadero se enfrenta a múltiples retos, como la **seguridad alimentaria**, el **cambio climático**, las **emisiones ambientales** y la **percepción pública sobre el bienestar animal y la sostenibilidad**. Además, las **fluctuaciones en el mercado internacional**, como las causadas por conflictos recientes, afectan la disponibilidad de materias primas comúnmente utilizadas, como la harina de pescado, impulsando la búsqueda de ingredientes más sostenibles.

En este escenario, la **competencia entre pienso y alimento** ("feed-food competition") ha ganado atención. Esta se define como la tensión entre el uso de cultivos y otros recursos para alimentar directamente a las personas o para alimentar al ganado. Para mitigar esta competencia y avanzar hacia una economía más circular y resiliente, es necesario explorar alternativas a los ingredientes insostenibles.

Materias Primas Alternativas y su Impacto

Diversos estudios y enfoques transdisciplinarios buscan reducir esta competencia mediante la incorporación de ingredientes innovadores y más sostenibles en la alimentación animal.

• Insectos:

- **Sostenibilidad:** Son reconocidos mundialmente como un ingrediente sostenible para piensos, ya que pueden **utilizar residuos orgánicos como sustrato para su cría**.
- **Valor Nutricional:** La harina producida a partir de insectos ha demostrado ser un **reemplazo eficaz para la harina de soja y la harina de pescado**, siendo una **valiosa fuente de proteínas, ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), minerales y vitaminas** para las aves.
- **Rendimiento y Salud:** En pollos de crecimiento medio, la administración de larvas vivas de mosca soldado negra (Black Soldier Fly) como enriquecimiento ambiental **mostró beneficios en el rendimiento in vivo**, más evidentes en las fases tempranas y en machos. Se observaron **mayores bolsas de Fabricio y bazo** en animales tratados, sugiriendo un **efecto positivo en las funciones inmunes**. El contenido de quitina en las larvas se ha señalado como posible responsable de una menor concentración de gamma-glutamyl transferasa en sangre.
- **Consideraciones:** Aún se necesita reducir los costos de producción y establecer un control estricto de la contaminación y la propagación de patógenos. Se requiere más investigación sobre el papel de los péptidos antimicrobianos en asociación con la quitina y el quitosano.
- **Antiguos Alimentos (Former Foods - FFs):**
 - **Definición:** Son alimentos fabricados para consumo humano en pleno cumplimiento de la legislación alimentaria de la UE, pero que **ya no están destinados al consumo humano y no presentan riesgos para la salud al usarse como alimento para animales**.
 - **Potencial Nutricional y Económico:** La investigación ha demostrado que tipos de pasta (integral, sémola, morada y tricolor) son **adecuados para la nutrición porcina**, presentando **mayor contenido de proteína y energía** y menor proteína en comparación con la cebada. Su uso es una nueva área de investigación para la reducción de la competencia por los alimentos. Sin embargo, la diferente digestibilidad del almidón debe considerarse.
- **Pienso Fermentado (Ej. Hongos Medicinales):**
 - **Rendimiento y Salud Intestinal:** El cultivo de *Ganoderma lingzhi*, un hongo medicinal, utilizado como pienso fermentado para broilers, **mejoró el índice de conversión (FCR), aumentó los niveles séricos de SOD y HDL, y mejoró las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el ciego**.
 - **Microbiota y Desarrollo:** Se observó una **mayor diversidad microbiana** en el intestino, con más bacterias generadoras de AGCC. Esto sugiere que el pienso fermentado puede **afectar positivamente el sistema de cría de pollos de crecimiento lento**, abriendo nuevas vías para piensos biológicos.
- **Subproductos (Ej. Harina de Gluten de Maíz):**

- **Sustitución de Ingredientes Tradicionales:** La harina de gluten de maíz, un subproducto del procesamiento del maíz, se ha estudiado como **sustituto de la harina de pescado** en la nutrición de camarones.
- **Impacto Económico:** El descenso sistémico mundial en la disponibilidad de harina de pescado debido a la sobrepesca, el cambio climático y problemas económicos, impulsa la búsqueda de alternativas como esta.
- **Consideraciones:** Tasas de reemplazo elevadas pueden afectar negativamente el rendimiento debido a un **desequilibrio de aminoácidos en el pienso**. Se ha encontrado una tasa óptima de reemplazo (27.47% de la proteína total derivada de harina de pescado).

Influencia en la Economía y la Sostenibilidad General

En resumen, la adopción de materias primas alternativas presenta **nuevas perspectivas para el desarrollo de un sistema ganadero más sostenible**, capaz de **reducir la competencia por los alimentos** y satisfacer el creciente interés de los consumidores por prácticas más sostenibles. Al incorporar estos ingredientes, la industria avícola puede **mitigar los riesgos asociados con la volatilidad de los precios** de las materias primas convencionales y **mejorar su eficiencia económica y ambiental**. La reducción de la competencia por los alimentos liberaría recursos valiosos para el consumo humano, contribuyendo a la seguridad alimentaria global.

Bibliografía

- **Alimarket. (2022).** *Informe 2022 del Sector Avícola en España. Al sector Avícola no le salen las cuentas.* Alimarket. Recuperado de https://www.alimarket.es/alimentacion/informe/350163/informe-2022-del-sector-avicola-en-espana?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter_alimentacion#acceder
- **Aviagen. (2019).** *Ross Broiler Nutrition Specifications. 0419-AVNR-035.*
- **Aviagen. (2022).** *Ross Broiler Nutrition Specifications.* Recuperado de https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerNutritionSpecifications2022-EN.pdf
- **Breewood, H., & Garnett, T. (2020).** *What is Feed-food Competition? (Foodsource: building blocks).* Food Climate Research Network, University of Oxford.
- **Cobb. (2018).** *Broiler Performance & Nutrition Supplement. L-2114-08 EN.* Cobb-Vantress.com.
- **Cobb. (2022).** *Cobb 500 Pollo de Engorde. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición. L-054-01-22 ES.* Cobb-vantres.com.
- **De Blas, C., García-Rebollar, P., Gorrachategui, M., & Mateos, G.G. (2019).** *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 4ª Edición.* Improtalia S.L. Recuperado de <http://fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>

- **European Commission. (2008, 5 de septiembre).** *Commission Regulation (EC) N° 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control.* Off J Eur Union, 250, 1–84. [178–179]
- **European Union. (2017, 15 de junio).** *Regulation (EU) No 2017/1017 of 15 June 2017 Amending Regulation (EU) No 68/2013 on the Catalogue of Feed Materials.* Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R1017>
- **FEDNA. (2018).** *Necesidades Nutricionales para Avicultura. Normas FEDNA (2ª Edición).* Recuperado de https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf
- **Santomá, G., & Pérez de Ayala, P. (2020).** Estudio Comparativo del valor nutricional de materias primas claves en alimentación del ganado (Tablas FEDNA). Cereales. Valor Energético en Aves y Cerdos. I Congreso virtual FEDNA. Madrid, 18 y 19 de noviembre, 2020. (No publicado). [140–141]
- **Santomá, G., & Pérez de Ayala, P. (2021).** Composición química, valor nutritivo y uso de cereales en la formulación de piensos. Estudio comparativo con valores de otras Instituciones. XXXVI Curso Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, 1 y 2 de diciembre de 2021. Recuperado de <http://fundacionfedna.org/sites/default/files/ppt2-FEDNA2021.pdf>
- **Villamide, M. J., & Fraga, M. J. (1999).** Composition of vitamin supplements in Spanish poultry diets. *British Poultry Science*, 40(5), 644-652. <https://doi.org/10.1080/00071669987034>
- **Ward, N. E. (2022).** Broiler Vitamin Nutrition Guidelines. *Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference, 2022*, Article 15. Recuperado de <https://scholarworks.uark.edu/panc/vol2022/iss1/15>