



Cátedra Nanta
de Ganadería de Precisión
Universidad Zaragoza



IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA EN NUTRICIÓN ANIMAL

ANALÍTICAS Y EVALUACION

Descripción breve

Informe sobre la importancia del tamaño de partícula en la alimentación animal, con especial énfasis en monogástricos. Desarrollo de tecnología NIR para evaluación

Contenido

Introducción	2
Impacto en el aparato digestivo:.....	2
Consecuencias de una estructura deficiente en el alimento:	3
El tamaño de partícula en alimentación porcina	4
Importancia general del tamaño de partícula en porcino:	4
Impacto en el desarrollo y función del aparato digestivo:.....	4
Impacto en el rendimiento y consumo de alimento:.....	6
Consideraciones especiales en el destete:.....	6
Comparación con cerdos silvestres:.....	6
El tamaño de partícula en avicultura	7
Impacto en el Aparato Digestivo	7
Fuentes de Fibra y su Efecto	8
Impacto en el Rendimiento y el Consumo de Alimento	8
Recomendaciones de "Preestructura" Ideal por Fase Productiva	9
Medición y Control de la Estructura.....	9
Tabla-Resumen recomendaciones tamaño partícula	10
Diferencias clave entre cerdos y aves:	11
Tecnología NIR en el análisis del tamaño de partícula.....	11
¿Cómo funciona ¿.....	12
Ventajas clave de usar NIR:	12
¿Qué puede medir y en qué aplicaciones?	12
Consideraciones importantes:	12
El programa ERLIVA.....	13
Importancia del tamaño de partícula según el programa ERLIVA/Nutrición con estructura .	13
Influencia en la ingesta y selección del alimento:.....	13
Desarrollo y funcionalidad del aparato digestivo:	13
Recomendaciones de tamaño de partícula según la edad y fase productiva:	14
Consecuencias de una estructura deficiente:	14
Medición y control de la estructura:	14
Ventajas de ERLIVA	15
Bibliografía	16

IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA EN NUTRICIÓN ANIMAL

Introducción

El tamaño de partícula en la alimentación animal es un factor crucial que, aunque a menudo se pasa por alto, ha cobrado una importancia creciente, especialmente en aves de corral. Los animales, como las aves, tienen la capacidad de distinguir diferentes tamaños de partículas de alimento mediante mecanorreceptores ubicados en su pico, y el tamaño de partícula que seleccionan aumenta con la edad a medida que lo hace el tamaño de su pico y cavidad bucal.

Impacto en el aparato digestivo:

El tamaño de partícula tiene un profundo impacto en el desarrollo y la función del aparato digestivo:

- **Desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI):** El tamaño de las partículas del alimento influye directamente en el desarrollo del TGI. Las aves y los cerdos que consumen alimento con partículas grandes desarrollan intestinos más grandes, mollejas más musculosas y tractos intestinales más largos. Se ha observado que los cerdos salvajes tienen estómagos más pesados en comparación con los lechones de granja de peso corporal similar, posiblemente debido a la ingestión de material vegetal fibroso y grueso en su dieta natural.

- **Estimulación de la motilidad y tiempo de retención:** Las partículas grandes o "gruesas" son esenciales para la estimulación mecánica del tracto digestivo.

- En aves, una molleja bien desarrollada, estimulada por partículas de alimento con estructura, realiza contracciones que, a su vez, impulsan movimientos retroperistálticos, coordinando el movimiento del quimo en el intestino y optimizando la digestión y absorción. Las fibras insolubles prolongan el tiempo de retención de la digesta en la molleja, lo que se asocia con una mejor reducción del tamaño de partícula y una mayor digestibilidad de los nutrientes. Se sugiere que las partículas de alimento deben superar 1 mm para estimular adecuadamente el desarrollo de la molleja en pollos de engorde.

- En cerdos, los ingredientes gruesamente molidos mejoran la salud y función del TGI, favoreciendo el funcionamiento del estómago, reduciendo las ulceraciones, controlando el flujo de la digesta desde el estómago al duodeno y aumentando el desarrollo de estructuras como la válvula ileocecal. Las dietas con partículas gruesas prolongan el tiempo de retención de la digesta en el estómago y en el tracto intestinal, lo que es beneficioso.

- **Digestibilidad de nutrientes y producción de enzimas:** Una molleja y un estómago bien desarrollados y que funcionan de manera óptima garantizan que el tiempo de

tránsito y la digestibilidad de los nutrientes estén optimizados. La inclusión de fibras, especialmente las insolubles, puede mejorar la digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (PNA) y otros nutrientes al potenciar la actividad de molienda en la molleja y aumentar la producción de pepsina y enzimas pancreáticas.

- **Salud intestinal y prevención de patógenos:** Las partículas más gruesas aumentan la abrasividad de la dieta, lo que puede limitar la adhesión de patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella* a las células epiteliales del intestino. Las dietas con fibra dietética insoluble (FDI) gruesa pueden mejorar la función de barrera intestinal, reducir la proliferación de patógenos y mejorar la consistencia fecal en cerdos posdestete.

- **pH gástrico:** Una estructura de dieta adecuada, con partículas más grandes, puede contribuir a la formación de dos compartimentos gástricos distintos basados en el pH y el nivel de materia seca, favoreciendo un pH distal más bajo. Esto es beneficioso para la digestión de proteínas y actúa como barrera protectora contra patógenos.

Consecuencias de una estructura deficiente en el alimento:

Una estructura inadecuada del pienso puede llevar a problemas significativos en el sistema digestivo de los animales:

- **Reducción del estímulo digestivo:** Un tamaño promedio de partícula muy pequeño apenas estimulará la molleja o el estómago, órganos esenciales para la regulación de la motilidad intestinal y la producción de enzimas. Esto puede disminuir los movimientos retroperistálticos, aumentar la velocidad de tránsito y reducir la capacidad de asimilación de nutrientes.

- **Interferencia con la digestión:** Las fibras dietéticas pueden interferir con la digestión de otros nutrientes debido a su pronunciado efecto en las propiedades fisicoquímicas de la digesta, lo que influye en el tiempo de retención y la digestibilidad de los nutrientes.

- **Ulceraciones gástricas:** Las dietas demasiado finas pueden aumentar el riesgo de ulceraciones estomacales, como se ha observado en cerdos.

- **Selección de alimentos y reducción de ingesta:** Tanto un exceso de partículas finas (por debajo de 500 micras) como un exceso de partículas gruesas (más de 2.500 micras) en el pienso en harina pueden provocar que las aves seleccionen, rechazando las partículas finas y reduciendo su capacidad de ingesta, lo que también afecta la uniformidad de la alimentación del lote.

- **Disbiosis microbiana e inflamación:** Una función deficiente del TGI debido a una baja ingesta de alimento o una digestión inadecuada puede conducir a una mayor producción de productos de fermentación proteica en el intestino delgado, lo que sugiere disbiosis microbiana y un mayor riesgo de inflamación.

- **Reducción del rendimiento y desarrollo:** Una baja ingesta temprana de alimento, que puede estar relacionada con la estructura del pienso, se asocia con un desarrollo deficiente del TGI, una menor superficie de las vellosidades intestinales, un menor peso de los órganos digestivos (intestino delgado y colon) y una reducción en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia.

En resumen, la "preestructura" ideal del pienso, que combina la presentación física y el tamaño de partícula, debe adaptarse a la edad, la situación productiva y las necesidades

específicas de los animales, ya que es fundamental para el desarrollo óptimo del TGI, la eficiencia digestiva, la salud intestinal y el rendimiento general.

El tamaño de partícula en alimentación porcina

El tamaño de partícula en la alimentación porcina es un factor de gran relevancia que influye directamente en la salud digestiva, el rendimiento productivo y la capacidad de los cerdos para afrontar desafíos como el destete. Aunque a menudo se ha priorizado una molienda fina para mejorar la digestibilidad, las investigaciones recientes subrayan la importancia de una estructura adecuada en el alimento para el desarrollo y funcionamiento óptimo del tracto gastrointestinal (TGI).

Importancia general del tamaño de partícula en porcino:

El tamaño de partícula no solo afecta la digestibilidad y el paso de los nutrientes, sino que también modula el desarrollo físico del TGI y su microambiente. La literatura sugiere un tamaño de partícula óptimo que equilibra la digestibilidad con la salud del TGI, generalmente entre 500 y 1600 μm , con un máximo del 30% de partículas menores de 400 μm . Sin embargo, la especificación de un perfil de tamaño de partícula ideal puede depender de factores como la molienda de los ingredientes, el método de molienda y la forma final del alimento (por ejemplo, harina vs. pellet).

Impacto en el desarrollo y función del aparato digestivo:

1. Estómago:

- **Desarrollo y funcionalidad:** Las partículas más gruesas en la dieta contribuyen a la salud y función del estómago. Se ha observado una tendencia a mayor peso del estómago vacío en cerdos alimentados con cereales gruesamente molidos (CERc) en comparación con cereales finamente molidos (CERf). Un estómago más pesado puede indicar un mejor desarrollo y una funcionalidad mejorada.

- **Retención y pH:** El tiempo de retención de la fase sólida en el estómago depende del tamaño de las partículas, las cuales deben reducirse a menos de 2 mm antes de salir. Una dieta con una estructura suficiente, es decir, con suficientes partículas gruesas, puede favorecer la formación de dos compartimentos gástricos distintos basados en el pH y el nivel de materia seca, lo que es importante para el correcto funcionamiento del estómago y la reducción del riesgo de úlceras gástricas. Sin embargo, una fracción excesiva de partículas grandes (>2000 μm) podría dificultar la desaparición de la proteína cruda (CP) en el estómago.

- **Digestión de nutrientes:** La hidrólisis de proteínas comienza en el estómago y se ve influenciada por la producción de HCl y pepsina. La estructura de la dieta afecta la capacidad de amortiguación, el tiempo de retención gástrica y, por ende, la hidrólisis de proteínas.

2. Intestino delgado:

- **Morfología:** Un bajo consumo de alimento temprano después del destete se asocia con una longitud de las vellosidades intestinales, un área de superficie de las vellosidades y una profundidad de cripta reducidas en el yeyuno. Un alto consumo de

alimento temprano (Fld1-3) se asoció con un mayor desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI), incluyendo una mayor longitud de las vellosidades y una mayor área de superficie de las vellosidades. El heno de pasto picado aumentó el peso y la longitud del intestino delgado vacío en lechones al destete.

- **Tiempo de tránsito y digestibilidad:** El tiempo medio de retención (TMR) en el intestino delgado tiende a ser 16 minutos más largo para CERf que para CERc. La digestibilidad de la grasa cruda en el intestino delgado fue un 21% mayor para CERf que para CERc.

3. Intestino grueso y válvula ileocecal:

- **Desarrollo:** Las dietas con partículas gruesas o "estructuradas" mejoran el desarrollo de la válvula ileocecal, lo que puede prevenir la contaminación retrógrada del intestino delgado. La inclusión de fibra dietética insoluble (FDI) gruesa estimuló el desarrollo del intestino grueso en lechones de engorde.

- **Contenido y fermentación:** Se encontró un 25% más de peso en el contenido del colon para SBMf (harina de soja fina) que para SBMc (harina de soja gruesa). La inclusión de cáscaras de avena (OH) aumentó el porcentaje de materia seca (MS) en el ciego y las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el colon.

4. Salud intestinal y prevención de patógenos:

- **Adhesión de patógenos:** Las partículas más gruesas aumentan la abrasividad de la dieta, lo que puede limitar la adhesión de patógenos como *Escherichia coli* F4 y *Salmonella* a las células epiteliales del intestino.

- **Ulceraciones gástricas:** Las dietas demasiado finas pueden aumentar el riesgo de ulceraciones estomacales. La hiperqueratinización y las úlceras se han asociado a una reducción del tamaño de partícula.

- **Disbiosis e inflamación:** Un bajo consumo de alimento temprano se asocia con productos de fermentación proteica más altos en el intestino delgado, lo que sugiere disbiosis microbiana y un mayor riesgo de inflamación. Las concentraciones elevadas de histamina, cadaverina y putrescina en la digesta del intestino delgado de cerdos con bajo consumo de alimento (Low Fld1-3) sugieren disbiosis microbiana y un mayor riesgo de inflamación. La fibra dietética gruesa, pero no la fina, aumenta la proporción *Firmicutes:Bacteroidetes* intestinal y reduce la diarrea inducida por infecciones experimentales en lechones.

- **Función de barrera:** Las dietas con fibra dietética insoluble (FDI) gruesa pueden mejorar la función de barrera intestinal.

5. Digestibilidad y absorción de nutrientes:

- **Superficie de ataque enzimático:** Las dietas con partículas más gruesas se consideran menos digeribles debido a una reducción en el área de superficie de las partículas para el ataque enzimático. Sin embargo, esto puede compensarse con un mejor funcionamiento del TGI.

- **Proteína y almidón:** La harina de soja finamente molida es más digerible, lo que reduce la cantidad de proteína no digerida que llega al intestino grueso. Las dietas con SBMf o CERf tendieron a tener una desaparición de CP en el estómago entre un 31% y un 33% mayor en comparación con SBMc o CERc. La desaparición de almidón en el estómago fue un 25% mayor para SBMf que para SBMc.

- **Activación de mecanorreceptores:** Las partículas grandes y gruesas de fibra insoluble pueden reducir la segregación de la digesta, aumentando el volumen y el tiempo de retención en secciones específicas del TGI, lo que a su vez podría mejorar los procesos de absorción de nutrientes al activar los mecanorreceptores.

Impacto en el rendimiento y consumo de alimento:

- **Consumo de alimento (FI):** Los lechones con bajo consumo de alimento en los primeros 3 días posdestete (Low Fld1-3) tuvieron un menor consumo diario de alimento, peso corporal y ganancia media diaria (ADG) en comparación con los lechones con alto consumo de alimento (High Fld1-3). Por cada gramo de aumento en Fld1-3, el ADG general aumentó 0.087 g/d y el consumo diario de alimento (ADFI) aumentó 0.131 g/d. Los cereales gruesamente molidos (CERc) resultaron en un 8% más de consumo de alimento y un 7% más de ADG durante los días 0-21 en comparación con los cereales finamente molidos (CERf).

- **Ganancia de peso y eficiencia alimentaria:** Los cerdos alimentados con SBMf (fina) tuvieron un ADG un 12% mayor y una tendencia a un peso corporal un 2% mayor al día 7. Los cerdos alimentados con SBMc (gruesa) tuvieron una eficiencia alimentaria un 3% mayor en el segundo período (días 21-36) y un 2% mayor en todo el experimento (días 0-36). CERc resultó en un 5% más de ADFI y un 6% más de ADG durante los días 0-36, y un 4% más de peso corporal al día 36. Un estudio no encontró efectos perjudiciales en el rendimiento con fuentes de fibra insoluble si las dietas estaban formuladas para la energía neta (NE) y los aminoácidos ilealmente digeribles.

Consecuencias de un tamaño de partícula inadecuado:

- **Problemas digestivos:** Un tamaño de partícula demasiado pequeño no estimulará adecuadamente el estómago, un órgano clave para la motilidad intestinal, la producción de enzimas y el mantenimiento de un pH bajo en el intestino, lo que puede disminuir los movimientos y la asimilación de nutrientes.

- **Rendimiento deficiente:** Un bajo consumo de alimento temprano, que puede estar relacionado con la estructura del pienso, se asocia con un desarrollo deficiente del TGI y una reducción en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia.

Consideraciones especiales en el destete:

El destete es un período crítico para los lechones. La mala adaptación al alimento sólido después del destete se asocia con una función digestiva y un crecimiento reducidos. Un consumo alto de alimento en los primeros días después del destete (Fld1-3) se asocia con un mayor desarrollo del TGI y una reducción de la fermentación proteica una semana después del destete. Esto es fundamental para que los lechones se adapten mejor a los factores de estrés del destete. Los lechones con bajo Fld1-3 mostraron un intestino delgado, colon y páncreas más ligeros, y una longitud y superficie de las vellosidades intestinales reducidas.

Comparación con cerdos silvestres:

Los lechones silvestres (*Sus scrofa*) consumen material vegetal fibroso con partículas gruesas desde una edad temprana, incluso antes de la primera semana de vida. Sus estómagos están más desarrollados (con un mayor peso) en comparación con los

lechones de granja de peso corporal similar. Esto sugiere que la desviación de la dieta natural en las condiciones de granja podría subestimar la importancia de la fibra y la estructura del alimento en los lechones lactantes. El heno de pasto picado, incluso con bajo consumo, mostró efectos sustanciales en el desarrollo intestinal y la actividad microbiana. La adición de fibra insoluble en el pienso de los lechones de granja estimuló el desarrollo intestinal.

En resumen, el tamaño de partícula en la alimentación porcina es un elemento crucial que va más allá de la mera digestibilidad, influyendo en el desarrollo fisiológico del TGI, la salud intestinal, la prevención de patógenos y, en última instancia, en el rendimiento y la capacidad de los cerdos para superar períodos críticos como el destete. La "preestructura" ideal del pienso debe considerar la edad, la situación productiva y las necesidades específicas de los animales.

El tamaño de partícula en avicultura

En la avicultura, el tamaño de partícula en la alimentación es un factor de importancia creciente, especialmente en ponedoras. Las aves son capaces de distinguir y seleccionar el tamaño de las partículas de alimento utilizando mecanorreceptores en su pico, y el tamaño preferido aumenta con la edad a medida que lo hacen el pico y la cavidad bucal.

Impacto en el Aparato Digestivo

El tamaño de partícula influye directamente en el desarrollo y la funcionalidad del tracto gastrointestinal (TGI) de las aves:

- **Molleja como "marcapasos digestivo":** Las gallinas, al consumir granos o partículas grandes y estructuradas, estimulan la molleja a realizar contracciones rítmicas. Estas contracciones, a su vez, impulsan movimientos retroperistálticos que coordinan el movimiento del quimo a lo largo del intestino, optimizando la digestión y la absorción de nutrientes. Una molleja bien desarrollada es un procesador de alimentos más eficaz, que muele más a fondo y retiene el alimento por más tiempo, asegurando un tiempo de tránsito y una digestibilidad de nutrientes óptimos. Las partículas de alimento deben superar 1 mm de tamaño para estimular adecuadamente el desarrollo de la molleja en pollos de engorde.
- **Desarrollo del TGI:** Las aves que consumen alimento con partículas grandes desarrollan intestinos más grandes, mollejas más musculosas y tractos intestinales más largos. Un TGI óptimamente desarrollado se traduce en un rendimiento superior y una mejor salud general del animal.
- **Tiempo de retención de la digesta:** Las propiedades fisicoquímicas de las fibras dietéticas, como su solubilidad en agua, dureza y tamaño de partícula, pueden afectar el tiempo de retención de la digesta en el TGI. Las fibras insolubles, como las cáscaras de avena (OH) y las cáscaras de arroz (RH), son conocidas por prolongar el tiempo de retención de la digesta en la molleja, lo que se asocia con una mejor reducción del tamaño de las partículas y, por ende, una mayor digestibilidad de los nutrientes. Un estudio mostró que la inclusión de cáscaras de avena y cáscaras de arroz en la dieta de

pollos de engorde prolongó el tiempo medio de retención (MRT) en la molleja en comparación con una dieta control, mientras que la pulpa de remolacha azucarera (SBP) tendió a reducirlo. El MRT del líquido en los ciegos también fue modulado por la fibra, aumentando significativamente con OH y RH (~1500 min) en comparación con la dieta control (989 min), y disminuyendo con SBP (516 min).

- **Digestibilidad de nutrientes:** La inclusión de fibra dietética en la dieta de pollos de engorde ha demostrado aumentar la digestibilidad total de polisacáridos no amiláceos (PNA), independientemente del tipo de fibra. Se ha observado que las cáscaras de avena y la pulpa de remolacha azucarera, al 3%, aumentan el coeficiente de retención aparente total (CTTAR) de PNA, almidón y extracto etéreo, lo que se atribuye a una mayor producción de HCl, actividad de pepsina y secreción de sales biliares.

Fuentes de Fibra y su Efecto

Las diversas fuentes de fibra dietética tienen características fisicoquímicas distintas que resultan en efectos heterogéneos en las aves:

- **Cáscara de avena (OH):** Considerada una fuente de fibra superior para pollos de engorde. Ha demostrado mejorar la relación de conversión alimenticia (FCR) y la utilización de nutrientes. Es rica en fibra insoluble y presenta una alta resistencia a la molienda.
- **Cáscara de arroz (RH):** También rica en fibra insoluble con alta resistencia a la molienda. Prolonga el tiempo de retención en la molleja. Sin embargo, en un estudio, no alteró significativamente la retención de nutrientes en comparación con la dieta control.
- **Pulpa de remolacha azucarera (SBP):** Puede aumentar el CTTAR de extracto etéreo y PNA, y el peso relativo del proventrículo y la molleja. No obstante, su alto contenido de pectina (fibra soluble) puede aumentar la viscosidad de la digesta, lo que podría reducir el consumo de alimento diario (ADFI) y el peso corporal (BW). A pesar de la mayor viscosidad, no se afectaron negativamente la energía metabolizable (AME, AMEn) ni el CTTAR de los nutrientes.
- **Otras fuentes:** La paja de trigo (WS), las cáscaras de soja (SH) y el salvado de trigo (WB) pueden resultar en un BW final similar al de las cáscaras de avena, pero con un FCR inferior. La algarroba (CB) resultó en el FCR más alto, lo que podría deberse a sus galactomananos (que aumentan la viscosidad) y taninos (que reducen la digestibilidad).

Impacto en el Rendimiento y el Consumo de Alimento

- El tamaño de partícula en piensos en harina es capaz de modificar la capacidad de ingesta del ave.
- Las aves pueden tolerar diluciones sustanciales de fibra gruesa (hasta 15%), mostrando una mejor conversión alimenticia sin efectos adversos en el crecimiento.
- La presentación en pellets ha demostrado aumentar el consumo voluntario de alimento, minimizar el desperdicio y mejorar la eficiencia alimenticia.

Consecuencias de una Estructura o Presentación Deficiente del Pienso

Una "preestructura" inadecuada (la combinación de la presentación física y el tamaño de partícula del pienso) puede tener efectos perjudiciales:

- **Estimulación digestiva reducida:** Un tamaño promedio de partícula muy pequeño apenas estimula la molleja, lo que disminuye los movimientos retroperistálticos, aumenta la velocidad de tránsito y reduce la capacidad de asimilación de nutrientes.
- **Selección y reducción de la ingesta:** Una proporción excesiva de partículas finas (por debajo de 500 micras) o gruesas (más de 2.500 micras) en el pienso en harina puede llevar a que las aves seleccionen, rechazando las partículas finas y reduciendo su capacidad de ingesta. Esto también afecta la uniformidad de la alimentación del lote.
- **Interferencia con la digestión:** Las fibras dietéticas pueden interferir con la digestión de otros nutrientes debido a su efecto en las propiedades fisicoquímicas de la digesta.

Recomendaciones de "Preestructura" Ideal por Fase Productiva

La "preestructura" ideal del pienso debe adaptarse a la edad, la situación productiva y las necesidades específicas de las aves:

- **Cría de pollitas (0-2 semanas):** Se recomienda el micropellet (2mm) para asegurar un óptimo desarrollo temprano, peso corporal y uniformidad, y máxima capacidad de ingesta al inicio de la puesta.
- **Cría de pollitas (3-5 semanas):** La migaja con estructura ha demostrado mejorar el desarrollo y la uniformidad de las futuras ponedoras.
- **Cría de pollitas (6-16 semanas):** Se recomienda la harina con una granulometría óptima (diámetro geométrico medio (GMD) >1,200 micras); si la granulometría no es óptima, es preferible usar migaja con estructura.
- **Período de transición (16-22 semanas):** Es crítico y se recomienda una migaja gruesa con estructura (2-4 mm o gránulo partido con menos del 5% de finos). Esto ayuda a la pollita a desarrollarse normalmente, fijar hueso medular y acumular reservas para la puesta.
- **Puesta (>22 semanas):** La harina con una granulometría óptima (GMD entre 1,100 y 1,500 micras) es lo ideal para estimular el digestivo y mantener una alta capacidad de ingesta.
- **Situaciones excepcionales:** En casos de baja capacidad de ingesta (por estrés térmico, arranque en puesta o recuperación tras problemas sanitarios/malnutrición), se recomienda el uso temporal de migaja gruesa con estructura para incrementar la ingesta de nutrientes.

Medición y Control de la Estructura

La medición de la estructura del pienso se realiza mediante el cribado con tamices. El diámetro geométrico medio (GMD) es el criterio más reconocido y aconsejado. La tecnología NIR permite determinar el tamaño de partícula del pienso en aproximadamente un minuto, facilitando un control más ágil del proceso de fabricación.

En resumen, la "preestructura" adecuada del pienso, que integra tanto la presentación física como el tamaño de partícula, es fundamental para el óptimo desarrollo del TGI, la eficiencia digestiva, la salud intestinal y el rendimiento general de las aves.

Tabla-Resumen recomendaciones tamaño partícula

La granulometría o el tamaño de partícula del pienso es un factor crucial que influye en la digestibilidad de los nutrientes, el rendimiento productivo, la salud intestinal y el bienestar de los animales. A continuación, se presenta una tabla que resume las recomendaciones de tamaño de partícula para diferentes especies, según la información proporcionada en las fuentes:

Recomendaciones de Tamaño de Partícula del Pienso por Especie

Especie	Etapas/Tipo de Pienso	Rango de Tamaño de Partícula (GMD en μm)	Comentarios y Justificación
Ponedoras	Adultas (harina)	1.100 - 1.500 μm (GMD)	Tamaño óptimo para evitar selección y optimizar la ingesta y asimilación de nutrientes. Las aves pueden seleccionar partículas si son muy finas o muy gruesas.
	General	> 1.200 μm	Aconsejable para una mayor productividad.
Broiler	General	600 - 900 μm	Rango ideal para mejorar los rendimientos. Partículas > 1 mm estimulan el desarrollo de la molleja, lo que mejora la digestibilidad.
	Fase de inicio (pellet)	454 - 476 μm (GMD)	Valores encontrados en dietas pelleteadas para esta fase.
Broiler	Fase final (pellet)	438 - 511 μm (GMD)	Valores encontrados en dietas pelleteadas para esta fase.
Lechones	General	400 - 600 μm	Rango óptimo para la conversión alimenticia y el desarrollo digestivo. La molturación grosera es beneficiosa para el desarrollo del tracto digestivo y la salud intestinal.
	Pienso granulado	500 μm	Recomendación específica para piensos en formato granulado.
Cerdas	General	1.000 μm	Recomendación para cerdas y machos reproductores.
Cerdos en cebo	General (harina)	600 - 700 μm	Recomendación para el uso en harina. Reduce la excreción de N y mejora la

			conversión. Evitar partículas > 1.200 μm o < 150 μm .
--	--	--	---

Diferencias clave entre cerdos y aves:

1. **Órgano de Molienda Principal:** Las **aves** dependen de una molleja muscular que requiere partículas de cierto tamaño y estructura para su óptima función. Los **cerdos**, aunque también se benefician de una molienda, su estómago glandular es menos dependiente de la estimulación mecánica para la digestión inicial, pero es propenso a úlceras con partículas extremadamente finas.
 2. **Tamaño de Partícula Óptimo:** Las **aves** generalmente requieren partículas más grandes (especialmente las ponedoras, >1200 μm) para estimular la molleja y evitar la selección. Los **cerdos** se benefician de una molienda más fina para mejorar la digestibilidad (óptimo 400-600 μm para crecimiento), siempre y cuando se eviten extremos que causen problemas de salud.
 3. **Riesgos de Partículas Muy Finas:** En **aves**, los finos comprometen la función de la molleja y reducen la ingesta. En **cerdos**, las partículas excesivamente finas son una causa importante de úlceras gástricas, problemas respiratorios y reducción de la ingesta debido al apelmazamiento y el polvo.
 4. **Selección de Partículas:** Las **gallinas ponedoras** son conocidas por su capacidad de seleccionar el alimento, rechazando partículas demasiado finas o gruesas. En **cerdos**, la selección también puede ocurrir, pero el enfoque se centra más en la uniformidad del pienso para evitar problemas de salud asociados a los extremos de granulometría.
 5. **Impacto de la Fibra:** Aunque la fibra es beneficiosa en ambas especies, su mecanismo de acción difiere. En **aves**, la fibra insoluble prolonga la retención en la molleja. En **cerdos**, la fibra (tanto fermentable como no fermentable) es crucial para el desarrollo intestinal, la microbiota del intestino grueso y la función de barrera, y los lechones salvajes consumen mucha fibra estructurada desde temprana edad.
- En conclusión, la gestión del tamaño de partícula es un factor crítico para la nutrición y la salud tanto en aves como en cerdos, pero las estrategias y los rangos óptimos deben adaptarse cuidadosamente a las particularidades fisiológicas y las necesidades productivas de cada especie.

Tecnología NIR en el análisis del tamaño de partícula

La tecnología de Espectroscopia de Reflectancia Cercana al Infrarrojo (NIR) es una herramienta muy útil y eficiente para analizar el **tamaño de partícula** en los alimentos para animales, como piensos para aves y cerdos, o ensilado de maíz.

Imagina que quieres saber qué tan finamente molido está el alimento que reciben tus animales. Tradicionalmente, este proceso era largo y tedioso, requiriendo hasta **45 minutos por muestra** mediante el cribado con tamices. Sin embargo, la tecnología NIR ha transformado esta tarea, haciéndola **mucho más rápida y ágil**.

¿Cómo funciona?

Piensa en la tecnología NIR como un "escáner inteligente" para el alimento. Cuando colocas una muestra de pienso o ensilado en el equipo, este emite una luz infrarroja que interactúa con las partículas del material. Dependiendo del tamaño y la estructura de estas partículas, la luz se refleja de una manera específica. El equipo NIR "lee" esta reflexión y, basándose en calibraciones previas, puede **estimar el tamaño de partícula en aproximadamente 1 minuto**.

Ventajas clave de usar NIR:

- **Rapidez:** Mientras que los métodos tradicionales pueden llevar hasta 45 minutos por muestra, el NIR te da resultados en **poco más de 1 minuto**. Esto permite un control de calidad casi instantáneo en la fabricación del pienso.
- **Eficiencia:** En muchos casos, no es necesario secar, moler o someter la muestra a un proceso de cribado vertical antes del análisis. Por ejemplo, en el caso del ensilado de maíz, se puede analizar la muestra "tal cual".
- **Control de Fabricación:** Al obtener resultados tan rápido, las fábricas pueden realizar un **mejor y más ágil control** durante el proceso de fabricación del pienso, asegurando que se cumplan las especificaciones de granulometría.

¿Qué puede medir y en qué aplicaciones?

- **En piensos para gallinas:** Se ha desarrollado una calibración NIR para determinar el tamaño de partícula. Permite medir el **Diámetro Geométrico Medio (GMD)** y el porcentaje de partículas retenidas en diferentes tamaños de tamiz (por ejemplo, >3.0 mm, 2.0-3.0 mm, 1.0-2.0 mm, 0.5-1.0 mm, y <0.5 mm).
- **En piensos para cerdos:** La solución NIR permite evaluar el tamaño de partícula en poco más de un minuto, utilizando ecuaciones específicas para piensos en harina y en pellet.
- **En ensilado de maíz:** Es una técnica prometedora para predecir características del tamaño de partícula del almidón, incluyendo el GMD, el área superficial del almidón (SSA) y el **Kernel Processing Score (KPS)**. El KPS es un indicador crucial que influye en la disponibilidad del almidón para la digestión en el rumen y el intestino, lo que a su vez mejora la eficiencia en la producción de leche y la sostenibilidad.

Consideraciones importantes:

Para optimizar su eficacia, es importante tener en cuenta que:

- Para el ensilado de maíz, la capacidad de predicción del NIR para GMD, SSA y KPS mejora significativamente si la muestra se hace pasar por un tamiz de 19 mm antes de escanearla, lo que ayuda a eliminar partículas largas de forraje que podrían interferir en la lectura.
- La molienda excesiva de la muestra antes del análisis NIR puede hacer que las diferencias en el tamaño de partícula original sean indistinguibles, dificultando su predicción precisa.

- Las soluciones de NIR para el análisis de tamaño de partícula suelen estar desarrolladas para equipos NIR DS (Dispersión de Luz), por lo que no son compatibles con modelos más antiguos.

En resumen, la tecnología NIR es una herramienta avanzada que permite un control **rápido, eficiente y preciso** del tamaño de partícula en los alimentos para animales, lo cual es fundamental para optimizar la nutrición y el rendimiento animal.

El programa ERLIVA

El programa **ERLIVA**, en el contexto de las fuentes proporcionadas, se refiere a la iniciativa de **Trouw Nutrition** centrada en la "**Nutrición con estructura**" y el "**Programa Layer Longevity**" para aves ponedoras. Un ejemplo concreto de un producto mencionado dentro de esta filosofía es el **micropellet "Erliva Pullycare"**.

Este programa subraya la importancia de la "**pre-estructura**" del pienso, que combina la **presentación física** del alimento (harina, gránulo o migaja) con la **estructura o tamaño de partícula** de las materias primas que lo componen. Ambos factores son considerados igualmente cruciales para la nutrición óptima de las aves.

Importancia del tamaño de partícula según el programa ERLIVA/Nutrición con estructura

Influencia en la ingesta y selección del alimento:

- El tamaño de las partículas es un factor que a menudo se pasa por alto pero que ha cobrado gran importancia, especialmente en ponedoras.
- Aunque las aves regulan su ingesta en función de la energía, en un pienso en harina, el tamaño de partícula también influye en la capacidad de ingesta del ave.
- Las aves distinguen diferentes tamaños de partículas con mecanorreceptores en el pico y seleccionan partículas más grandes a medida que crecen.

Desarrollo y funcionalidad del aparato digestivo:

- El **desarrollo del tracto digestivo** está directamente influenciado por el tamaño de las partículas del alimento.
- Las gallinas que consumen partículas grandes desarrollan un **intestino más grande, mollejas más musculosas y tractos intestinales más largos**.
- Las partículas de alimento grandes requieren más tiempo para ser molidas en la molleja y tienen un tiempo de tránsito más prolongado en el intestino.
- Una **molleja bien desarrollada** es más eficiente, muele a fondo y retiene el alimento por más tiempo, optimizando el tiempo de tránsito y la digestibilidad de los nutrientes, lo que resulta en un rendimiento superior y salud animal.

- Un tamaño de partícula promedio muy pequeño apenas estimula la molleja, órgano esencial para la motilidad intestinal, la producción de enzimas y el mantenimiento de un pH bajo.

Recomendaciones de tamaño de partícula según la edad y fase productiva:

- **Periodo de cría y recría de la pollita:**
 - **Primeras dos semanas:** La presentación ideal es el **micropellet (Erliva Pullycare)** para maximizar el desarrollo temprano de la pollita.
 - **De 3 a 5 semanas:** Se recomienda la **migaja con estructura** para un mayor desarrollo de la futura ponedora, promoviendo máxima uniformidad y robustez.
 - **De 6 a 16 semanas:** Se aconseja **harina con granulometría óptima**. Si no es óptima, es preferible migaja con estructura.
 - **De 16 a 22 semanas (Periodo Fime):** Se recomienda una **migaja gruesa con estructura**. Este periodo es crítico para la madurez sexual y la fijación del hueso medular.
- **Periodo de puesta:**
 - La recomendación general es **harina con una granulometría óptima** durante todo el periodo productivo.
 - El **tamaño ideal de partículas de harina** para gallinas adultas oscila entre **1.100 y 1.500 micras de GMD** (Diámetro Geométrico Medio), ya que dentro de este rango el ave no selecciona y come por igual.
 - En situaciones de baja capacidad de ingesta (por estrés térmico o mala granulometría de la harina), se recomienda temporalmente **migaja gruesa con estructura** para incrementar el consumo de nutrientes. También se aplica a pollitas con retraso en peso ("Pollitas Booster") y lotes en recuperación.

Consecuencias de una estructura deficiente:

- Una estructura deficiente (partículas muy grandes o muy finas) no solo afecta la capacidad de ingesta, sino que también **dificulta la asimilación de nutrientes y impide una alimentación uniforme** en el lote.
- **Demasiadas partículas finas (<500 micras):** El ave seleccionará las partículas gruesas, reduciendo su ingesta, y puede aumentar el polvo en la nave y en el huevo.
- **Demasiadas partículas gruesas (>2.500 micras):** Promueve la selección por parte de las aves, lo que puede llevar a una separación del alimento y una nutrición desequilibrada.

Medición y control de la estructura:

- La medición de la estructura del pienso se realiza mediante **cribado con tamices** de diferentes tamaños. Se recomienda el uso de equipos de

tamizado automático y el empleo de objetos vibradores o sistemas de barrido de aire para asegurar la precisión.

- Los resultados se expresan como porcentajes retenidos por tamiz, pero el criterio más reconocido es el **Diámetro Geométrico Medio (GMD)**.
- **Trouw Nutrition** ha desarrollado una **calibración NIR** (Espectroscopia de Reflectancia Cercana al Infrarrojo) para determinar el tamaño de partícula en piensos de gallinas en aproximadamente **1 minuto**, facilitando un control más ágil del proceso de fabricación. Esta solución NIR está diseñada para equipos NIR DS y no es compatible con modelos antiguos.

Ventajas de ERLIVA

El programa **ERLIVA**, asociado a la iniciativa de "**Nutrición con estructura**" y al "**Programa Layer Longevity**" de Trouw Nutrition para aves ponedoras, ofrece las siguientes ventajas, especialmente ligadas a la gestión del tamaño de partícula y la presentación del pienso:

- **Optimización de la Nutrición a lo Largo de la Vida del Ave:** Permite una "nutrición de precisión" al adaptar la "**pre-estructura**" (combinación de tamaño de partícula y presentación del pienso) a cada edad y situación productiva de las pollitas y gallinas ponedoras.
- **Mejora del Desarrollo del Aparato Digestivo:**
 - Estimula el desarrollo de una **molleja más grande y musculosa**, que muele más a fondo y retiene el alimento por más tiempo, optimizando la digestión y absorción de nutrientes.
 - Promueve **intestinos más grandes y largos**.
 - Una molleja bien desarrollada mejora la **motilidad intestinal** y mantiene niveles bajos de pH en el intestino.
 - Refuerza el papel de barrera del estómago contra infecciones externas.
- **Incremento de la Capacidad y Eficiencia de Ingesta de Alimento:**
 - Las aves distinguen y seleccionan partículas, y la granulometría adecuada asegura una ingesta correcta y uniforme.
 - Las presentaciones como **micropellet** (como Erliva Pullycare en las primeras semanas), **migaja con estructura** o **pellet** favorecen y aumentan la capacidad de ingesta.
 - Evita la selección de partículas y la nutrición desequilibrada que resultan de piensos con demasiadas partículas finas o gruesas.
- **Mejora de la Digestibilidad y Asimilación de Nutrientes:**
 - Una molleja eficiente mejora el tiempo de tránsito intestinal y la digestibilidad.
 - Las partículas grandes incrementan la actividad de triturado en la molleja y la digestión de nutrientes.
- **Control de Calidad y Fabricación Más Ágil y Preciso:**

- La tecnología NIR permite determinar el tamaño de partícula del pienso en aproximadamente **1 minuto**, facilitando un control más eficiente durante la fabricación. Esto contrasta con los 45 minutos que pueden requerir los métodos de referencia tradicionales.
- Permite un control de fabricación ágil, asegurando que se cumplen las especificaciones de granulometría y minimizando los errores de laboratorio.
- **Respuestas Adaptadas a Situaciones Específicas:**
 - Ofrece recomendaciones específicas de "preestructura" para diferentes fases (cría, recría, puesta) y para situaciones excepcionales como pollitas con retraso en peso ("Pollitas Booster"), baja capacidad de ingesta por estrés térmico, o recuperación de lotes tras problemas sanitarios.

Bibliografía

1. Akbari Moghaddam Kakhki, R., Navarro Villa, A., Garcia Ruiz, A., Martin Chaves, E., & Peris, J. M. (2024). Evaluation of fibrous feed ingredients alternatives to oat hulls as a source of. *Poultry Science*, 103, 104297. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104297>
2. Anonymous. (n.d.). *A NIR technique to predict particle size of starch within corn silage*. [Documento inédito].
3. Anonymous. (n.d.). *Nutrition feeding and laying hen welfare*. [Documento/Informe inédito].
4. Anonymous. (n.d.). *Tamaño de partícula y presentación del pienso*. [Diapositivas de presentación].
5. Fabà, L., Hulshof, T. G., Venrooij, K. C. M., Hees, V., & Van Hees, H. M. J. (2024). Variability in feed intake the first days following weaning impacts gastrointestinal tract development, feeding patterns, and growth performance in nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 102. <https://doi.org/10.1093/jas/skad419>
6. Fabà, L., Martín-Orúe, S. M., Hulshof, T. G., Pérez, J. F., Wellington, M. O., & Van Hees, H. M. J. (2025). Impact of Initial Postweaning Feed Intake on Weanling Piglet Metabolism, Gut Health, and Immunity. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf099>
7. Garçon, C. J. J., Ellis, J. L., Powell, C. D., Navarro Villa, A., Garcia Ruiz, A. I., France, J., & de Vries, S. (2023). A dynamic model to measure retention of solid and liquid digesta fractions in chickens fed diets with differing fibre sources. *Animal*, 17, 100867. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100867>
8. Hulshof, T. G., Resink, J. W., & Van Hees, H. M. J. (2024). Impact of particle size of cereals and soyabean meal on the intestinal and growth performance after an enteric challenge with F4-positive enterotoxigenic E. coli. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 1–15. <https://doi.org/10.1111/jpn.14016>

9. Trouw Nutrition. (2010, Enero). *Tamaño de partícula del pienso de aves y cerdos (2 de 2)* (Nº ES06/3204).
10. Trouw Nutrition. (2018). *Nutrición con estructura - Layer Longevity Programa*.
11. Trouw Nutrition. (2018). *RECOMENDACIONES TAMAÑO DE PARTÍCULA EN PIENSO DE PONEDORAS COMERCIALES*.
12. Trouw Nutrition. (2025). *TAMAÑO DE PARTÍCULA EN PIENSO - TAMAÑO DE PARTÍCULA PIENSO DE GALLINAS*. [Presentación en congreso].
13. Van Hees, H. M. J. (2023). *Dietary fibre in suckling pigs* [Tesis doctoral inédita]. Ghent University.
14. Van Hees, H. M. J., Davids, M., Maes, D., Millet, S., Possemiers, S., den Hartog, L. A., van Kempen, T. A. T. G., & Janssens, G. P. J. (2019). Dietary fibre enrichment of supplemental feed modulates the development of the intestinal tract in suckling piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0386-x>
15. Van Hees, H., Maes, D., Millet, S., den Hartog, L., van Kempen, T., & Janssens, G. (2020). Fibre supplementation to pre-weaning piglet diets did not improve the resilience towards a post-weaning enterotoxigenic *E. coli* challenge. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105, 260–271. <https://doi.org/10.1111/jpn.13475>
16. Yao, R., Cools, A., van Hees, H. M. J., Chiers, K., Mebratu, A. T., Aluwé, M., Maes, D., & Janssens, G. P. J. (2025). Grass hay inclusion in creep feed or as free-choice enrichment affects gastrointestinal tract development and microbiota in suckling piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 16(92). <https://doi.org/10.1186/s40104-025-01227-4>
17. Yao, R., van Hees, H. M. J., Cools, A., Ballari, S. A., Maes, D., & Janssens, G. P. J. (2025). The natural diet composition of young piglets suggests an overlook of fibre and food structure in farmed suckling piglets. *Porcine Health Management*, 11(23). <https://doi.org/10.1186/s40813-025-00439-4>