



Nunca  
Dejamos  
de Mejorar

# RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PIC®

# Bienvenido a las recomendaciones de nutrición y alimentación de PIC®



Nos complace ofrecer los últimos lineamientos de nutrición y alimentación de PIC®. Las recomendaciones que aquí se presentan se basan en investigaciones publicadas, investigaciones internas de PIC® y de universidades, así como experimentos comerciales a gran escala.

Los lineamientos constan de cuatro partes que plantean los fundamentos de nuestras recomendaciones de nutrición y alimentación.

1. Resume nuestra lógica y principios de formulación de dietas
2. Explica cómo es que distintos componentes nutricionales pueden cumplir con dichos principios de formulación de la dieta
3. Detalla cómo varían los programas básicos de nutrición dependiendo de la fase de producción
4. Tablas de especificación de nutrientes para optimizar las dietas que lleven a una alimentación satisfactoria de cerdos PIC®

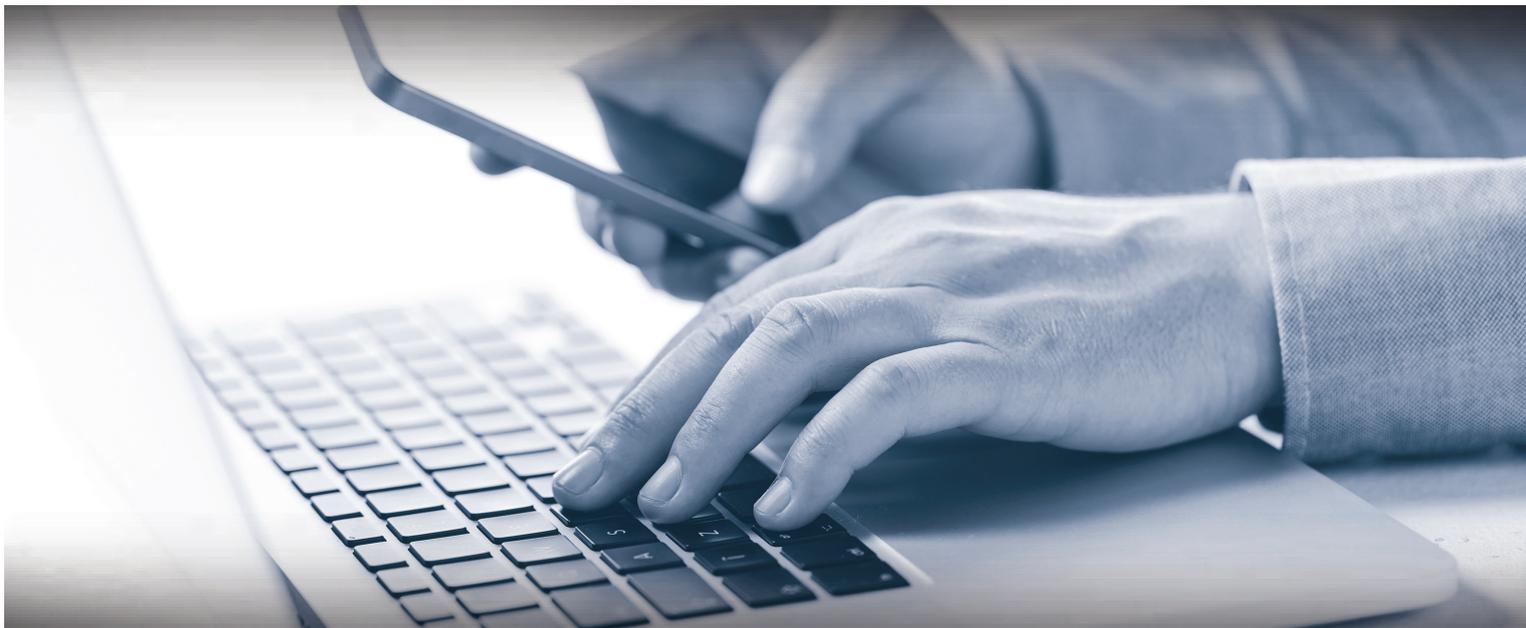
Estas recomendaciones se desarrollaron para ser aplicados en todo el mundo, sin importar ubicación geográfica, tamaño de la operación, instalaciones o equipo técnico. Las especificaciones de nutrientes se validaron en ambientes comerciales y las revisaron nutriólogos de todo el mundo. Por favor, siga en todo momento los lineamientos y normas de bienestar y salud animal, como lo indique la entidad gubernamental del país en el que se encuentre.

Esperamos que estas recomendaciones le ayuden a mejorar aún más el éxito de sus granjas. En caso de que tenga alguna pregunta, contacte a su representante de PIC® a cualquier hora.

<b>Sección A: Principios y toma de decisiones en la formulación de dietas</b> .....	<b>A-1</b>
Pasos de la formulación de dietas .....	A-2
Las implicaciones económicas de tiempo fijo vs. peso fijo .....	A-2
Estrategias para la formulación de dietas .....	A-3
Ingresos sobre el costo del alimento .....	A-6
Ingresos sobre el costo total .....	A-6
Formulación de dietas estacionales .....	A-7
<b>Sección B: Energía</b> .....	<b>B-1</b>
Importancia del valor energético del ingrediente .....	B-3
Respuesta a la energía de las dietas de crecimiento-finalización .....	B-5
Modelo económico para la concentración óptima de energía .....	B-7
<b>Sección C: Proteínas y aminoácidos</b> .....	<b>C-1</b>
Aminoácidos esenciales y no esenciales .....	C-2
Expresión de requerimientos de aminoácidos .....	C-2
Proporciones de aminoácidos .....	C-3
Avances recientes en los requerimientos de aminoácidos para cerdos en crecimiento-finalización .....	C-3
Modelos biológicos y económicos para una concentración óptima de lisina DIE .....	C-5
<b>Sección D: Macrominerales</b> .....	<b>D-1</b>
Calcio y fósforo .....	D-2
Modelos biológicos y económicos para una concentración óptima de fósforo .....	D-4
Requerimientos de sodio y cloruro .....	D4
<b>Sección E: Minerales traza y vitaminas</b> .....	<b>E1</b>
Minerales traza .....	E-2
Vitaminas .....	E-3
<b>Sección F: Verraco</b> .....	<b>F-1</b>
Alimentación del verraco .....	F-1
Alimentación durante la cuarentena .....	F-2
Alimentación durante la producción .....	F-2
Nivel de alimentación óptimo de verracos PIC® .....	F-3
<b>Sección G: Desarrollo de la cerda primeriza</b> .....	<b>G1</b>
Objetivos del desarrollo de la cerda primeriza .....	G-2
Recomendaciones de alimentación de la cerda primeriza .....	G-2
<b>Sección H: Cerda primeriza y múltipara en gestación</b> .....	<b>H-1</b>
Manejo de la condición corporal de la cerdas .....	H-3
Alimentación al inicio de la gestación .....	H-6
Alimentación al final de la gestación .....	H-7
Determinación de los Niveles de Alimentación para Primerizas y Múltiparas de Acuerdo a su Peso Corporal Durante la Gestación .....	H-10
Alimentación en el parto .....	H-12
Programa de alimentación dinámica de hembras PIC® .....	H-12
<b>Sección I: Primerizas y múltiparas lactantes</b> .....	<b>I-1</b>
Programa de alimentación .....	I-2
Factores que influyen en el consumo de alimento en la lactancia .....	I-3
Requerimientos de aminoácidos .....	I-3
Programa de alimentación dinámica de hembras PIC® .....	I-8
<b>Sección J: Cerda destetada</b> .....	<b>J-1</b>
Programa de alimentación durante el intervalo del destete al estro .....	J-2
<b>Sección K: Lechón destetado</b> .....	<b>K-1</b>
Lechón destetado .....	K-2
Alimentación en fases .....	K-2
Fase 1 – del destete a ~7.5 kg .....	K-3
Fase 2 – de ~7.5 kg a ~11.5 kg .....	K-3
Fase 3 – de 11.5 kg a 22.5 kg .....	K-3
Otras consideraciones .....	K-4
<b>Sección L: Cerdo en crecimiento-finalización</b> .....	<b>L1</b>
Formulación de dietas de crecimiento-finalización .....	L-1
Alimentación en fases .....	L-3
Calculadora de eficiencia calórica ajustada de PIC® .....	L-3
<b>Sección M: Especificaciones de nutrientes de PIC® para verracos maduros (según consumo)</b> .....	<b>M-1</b>
<b>Sección N: Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas en desarrollo (según consumo)</b> .....	<b>N-1</b>
<b>Sección O: Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y cerdas en gestación (según consumo)</b> ....	<b>O-1</b>
<b>Sección P: Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y cerdas lactantes (según consumo)</b> ...	<b>P-1</b>
<b>Sección Q: Especificaciones de nutrientes de PIC® para lechones en preiniciación (según consumo)</b> .....	<b>Q-1</b>
<b>Sección R: Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y cerdos castrados en última fase de lactancia y finalización (según consumo)</b> .....	<b>R-1</b>
<b>Sección S: Alimentación de cerdos PIC® dentro de temas especiales</b> .....	<b>S-1</b>
<b>Sección T: Bibliografía</b> .....	<b>T-1</b>
<b>Sección U: Reconocimientos</b> .....	<b>U-1</b>



## Principios y toma de decisiones en la formulación de dietas



La genética PIC® se selecciona con un enfoque en la economía total para maximizar las ganancias económicas en la cadena de valor de la carne de cerdo. Para lograr expresar el máximo potencial genético de los cerdos PIC®, es necesario contar con un programa adecuado de nutrición. Sabemos que es posible implementar con éxito múltiples estrategias para la formulación de dietas. Al diseñar un programa de nutrición, normalmente los sistemas de producción en todo el mundo determinan el equilibrio entre maximizar el desempeño animal, minimizar el costo de producción y maximizar la rentabilidad. Nuestro objetivo en PIC® es ayudar a nuestros clientes a ser los porcicultores con más exitosos del mundo. Dado que el alimento balanceado es el mayor costo de producción, nuestro objetivo es brindar los principios clave para la formulación de dietas que se pueden usar para optimizar los programas específicos de nutrición.

- En un sistema con espacio limitado, si los cerdos son rentables, la ganancia diaria de peso tiene un valor mayor.
- En épocas de alta rentabilidad prevista (como el verano en EE. UU.) implemente estrategias que aumenten el peso al mercado.
- Una concentración insuficiente de aminoácidos limita la respuesta a la energía del cerdo.
- Los ingresos en proporción al costo del alimento es una de las maneras más precisas de evaluar el programa de alimentación.

## Pasos en la formulación de dietas

El primer paso en la formulación de dietas es determinar el requerimiento de la proporción de lisina digestible ileal estandarizada (DIE) a kilocalorías en cerdos. El segundo paso es definir la concentración de energía neta (EN) más económica. El motivo por el que la energía es el segundo paso –aunque representa el mayor costo– es porque los cerdos no responden del todo a la energía si la lisina DIE no es la adecuada. El tercer paso es definir las concentraciones de otros aminoácidos (AA) DIE como proporción a la lisina DIE. Finalmente, se definen las concentraciones de macrominerales, minerales traza y vitaminas para lograr los requerimientos de nutrientes.

## Implicaciones económicas del tiempo fijo vs. peso fijo

Un concepto clave a considerar cuando se formulan dietas para un sistema de producción específico es saber si se comercializan cerdos por tiempo o peso fijo.

- Tiempo fijo, también conocido como de corto espacio, significa que el sistema no cuenta con espacio extra o flexible en el flujo de producción. Por ejemplo, cuando una granja de finalización llega a los 120 días de su alojamiento, los cerdos se comercializan incluso si aún no han llegado al peso al mercado y se vacía para el siguiente grupo de animales.
- Peso fijo, también conocido como de espacio amplio, significa que el sistema cuenta con cierta flexibilidad de espacio en el flujo de producción. Los cerdos se pueden dejar en la granja hasta que lleguen al peso óptimo para la estructura de pago del valor de la canal.

Es importante entender la diferencia entre tiempo fijo y peso fijo, ya que cambia el valor económico de la tasa de crecimiento. Cuando los cerdos son rentables, la ganancia de peso tiene más valor en un sistema de tiempo fijo debido a la limitación fija del número de días de crecimiento disponibles. Sin embargo, la ganancia de peso tiene menos valor en un sistema de peso fijo porque los cerdos se pueden quedar en la granja con un costo de espacio fijo (por ejemplo, \$0.11/cerdo/día) hasta que lleguen al peso óptimo. Esto supone que el costo de espacio de alojamiento es menor que el de una intervención nutricional o de manejo. Es común que los sistemas de producción se basen en peso fijo durante el invierno, cuando los cerdos crecen más rápido y en tiempo fijo durante el verano, cuando crecen más lento. Estos dos casos representan una gama de situaciones económicas óptimas, por lo que la valoración de ambos casos puede ser una herramienta muy útil para evaluar la sensibilidad económica de los cambios en la dieta.

La Figura A1 ilustra el concepto de las concentraciones óptimas de nutrientes para maximizar la rentabilidad en un programa de tiempo fijo comparado con un programa de peso fijo. La proporción de triptofano (Trp) a lisina (Lys) puede tener un impacto significativo en la tasa de crecimiento. En este caso en concreto, la variación de la proporción de triptofano a lisina tiene un impacto económico mayor en un sistema de tiempo fijo que en uno de peso fijo, sencillamente porque la ganancia de peso proporciona un retorno económico marginal mayor que el del modelo a peso fijo. Para más información sobre el valor de otras proporciones de Trp a Lys, [haga clic aquí](#) para descargar una calculadora económica dinámica gratuita para obtener la proporción más económica específica para un sistema de producción.

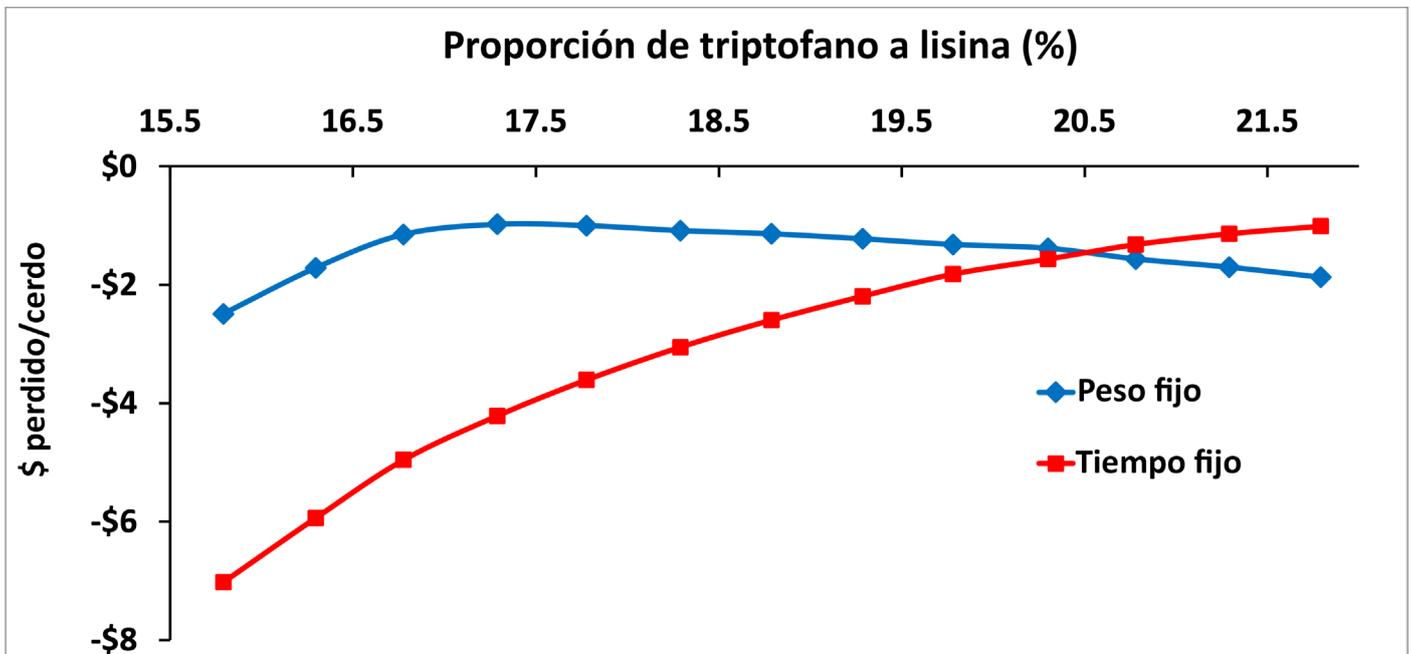


Figura A1. Proporción Trp:Lys digestible ileal estandarizada de la recuperación económica en tiempo fijo y peso fijo (PIC® 337 × PIC®1050; Kansas State University y Ajinomoto Heartland, 2016)

### Estrategias para la formulación de dietas

Existen muchas estrategias para la formulación de dietas. Por lo general, los sistemas de producción determinan un equilibrio entre:

- Maximizar el desempeño animal
  - Ganancia diaria de peso (GDP)
  - Eficiencia alimenticia (A/G)
- Minimizar el costo de producción
  - Costo del alimento por unidad de ganancia
- Maximizar la rentabilidad
  - Ingresos sobre el costo del alimento (ISCA)
  - Ingresos sobre el costo del alimento e instalaciones (ISCAI)
  - Ingresos sobre el costo total (ISCT)

La Figura A2 muestra un resumen del concepto de estas estrategias de formulación. Estos resultados muestran las concentraciones de lisina DIE para optimizar las distintas estrategias mencionadas con anterioridad. En este ejemplo, la concentración de lisina DIE que maximiza las utilidades es mayor que la necesaria para minimizar el costo. La concentración de lisina DIE óptima económica es dinámica y depende del precio de los ingredientes y del precio del cerdo.

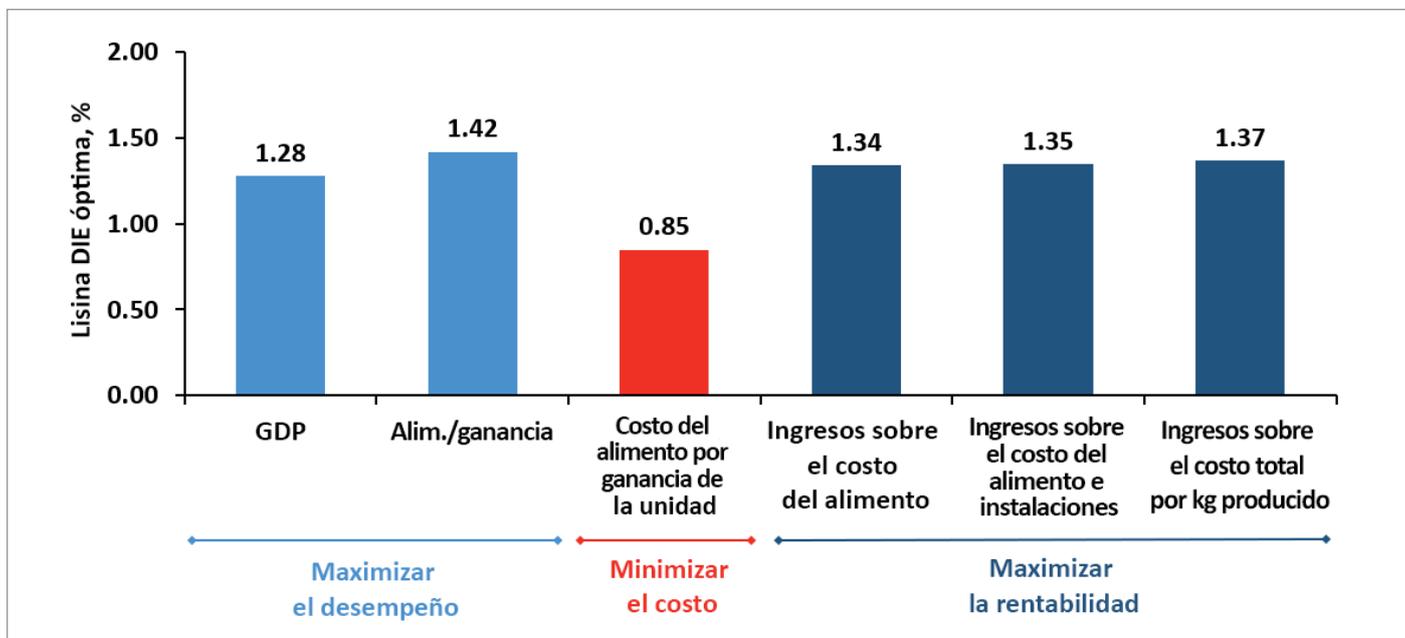


Figura A2. Ejemplo de concentraciones de lisina digestible ileal estandarizada (DIE) para optimizar diferentes resultados de cerdos PIC® (11.5 a 22.5 kg, datos internos de PIC®)

### Formulación para un desempeño máximo

Las concentraciones de nutrientes se eligen para lograr un desempeño máximo de los animales, sin tomar en cuenta los retornos financieros. La concentración óptima de nutrientes puede ser diferente, dependiendo de los criterios de respuesta; por ejemplo, la concentración de lisina DIE que se requiere para maximizar la GDP es probable que sea menor que la necesaria para optimizar A/G.

### Formulación de mínimo costo

El costo del alimento por kg de ganancia se calcula multiplicando A/G por el costo de kg de alimento. Por lo tanto, el costo del alimento por kilogramo de ganancia considera el A/G. El objetivo es tener el menor costo por kg de ganancia. Sin embargo, este enfoque no considera ningún cambio en la GDP, mérito de la canal, precio de cerdo o el costo de días extra en la granja.

$$\text{Costo del alimento por kg de ganancia} = (\text{A/G} \times \$ \text{ por kg de alimento})$$

### Formulación para obtener máximas utilidades

La formulación de dietas para obtener máximas utilidades toma en cuenta las implicaciones financieras según diferentes casos, al equilibrar los nutrientes necesarios con los costos de la dieta para un desempeño deseado.

Los ingresos sobre el costo del alimento (ISCA) toman en cuenta el precio de mercado y el valor de la ganancia de peso en el caso de tiempo fijo.

$$\text{ISCA} = (\text{precio de mercado por kg de peso vivo} \times \text{ganancia de peso}) - (\text{costo del alimento por kg ganado} \times \text{ganancia de peso})$$

Los ingresos sobre el costo del alimento y de las instalaciones (ISCAI) añaden el costo de las instalaciones a la ecuación ISCA y se aplican más en el caso de peso fijo:

$$\text{ISCAI} = (\text{precio de mercado por kg de peso vivo} \times \text{ganancia de peso}) - (\text{costo del alimento por kg ganado} \times \text{ganancia de peso}) - (\text{costo por espacio del cerdo} \times \text{días en la fase})$$

Dado que por lo general el costo del alimento y de las instalaciones abarcan una mayor proporción del costo de la producción porcina y otros costos se consideran por lo general fijos, el ISCA está muy relacionado con las utilidades. Por lo tanto, los ISCA o ISCAI se consideran los mejores indicadores que influyen en la rentabilidad.

## En resumen

El uso del costo del alimento por kg de ganancia por lo general conlleva dietas más económicas; sin embargo, a menudo esa no es la decisión adecuada para maximizar las utilidades netas. Los ingresos sobre el costo total consideran el efecto de dilución de las ganancias extras sobre los costos totales, lo cual brinda un método para valorizar el impacto del peso extra vendido. Por ejemplo, supongamos que el costo de un lechón destetado es de \$40. Un sistema de producción con 121 kg de ganancia del destete al mercado resulta en un costo de \$0.3306 por kg, el cual estará relacionado con el costo del lechón destetado. Sin embargo, si una estrategia nutricional o de manejo aumenta la ganancia de peso a 123 kg, el costo por kg relacionado a ese costo inicial de cerdo destetado disminuirá a \$0.3252 o una reducción del 1.6% en el costo.

Para calcular el ingreso sobre costo total por cabeza en vivo (ISCT<sub>L</sub>):

$$\text{ISCT}_L = [(\text{precio al mercado por kg de cerdo vivo} \times \text{peso al mercado}) - (\text{costo del alimento por cerdo} + \text{otros costos por cerdo} + \text{costo del cerdo de engorda})]$$

O para calcular el ingreso sobre costo total por cabeza con base en la canal (ISCT<sub>C</sub>):

$$\text{ISCT}_C = [(\text{precio al mercado por kg de canal} \times \text{peso al mercado} + \% \text{ de rendimiento}) - (\text{costo del alimento por cerdo} + \text{otros costos por cerdo} + \text{costo del cerdo de engorda})]$$

El cuadro A1 representa dos casos –uno sin grasa adicional y otro con 3% de grasa añadida– mostrando las estrategias de formulación de dietas.

Supuestos	Caso 1 Tiempo fijo/dieta sin grasa añadida	Caso 2 <sup>a</sup> Tiempo fijo/dieta con 3% de grasa añadida
GDP, kg	0.816	0.841
Alimento/ganancia	2.800	2.632
Días con alimento	112	112
Costo de la dieta, \$/kgb	0.230	0.245

aSuponiendo que cada 1% de grasa añadida mejora la ganancia en 1% y la A/G en un 2%. Esta respuesta varía entre sistemas y por temporada.

bSuponiendo que los costos de la pasta de soya, maíz y grasa blanca de primera son \$386/ton, \$0.14/kg y \$0.68/kg, respectivamente.

Los costos de la dieta deben incluir los costos de producción y de entrega, no solo el costo de los ingredientes. Este es un reflejo más certero del costo total del alimento consumido y el valor de la diferencias de desempeño.

### Caso 1 (Ca1; sin grasa adicional)

**Ganancia de peso** = 112 días x 0.816 kg GDP = **91.4 kg de ganancia en la finalización**

**Costo del alimento por kg de ganancia** = 2.80 A/G x \$0.230 costo del alimento/kg = **\$0.644**

**Costo del alimento por cerdo** = 91.4 kg de ganancia x \$0.644 costo del alimento/kg = **\$58.86**

### Caso 2 (Ca2; 3% de grasa añadida)

**Ganancia de peso** = 112 días x 0.841 kg GDP = **94.2 kg de ganancia en la finalización**

**Costo del alimento por kg de ganancia** = 2.632 A/G x \$0.245 costo del alimento/kg = **\$0.645**

**Costo del alimento por cerdo** = 94.2 kg de ganancia x \$0.645 costo del alimento/kg = **\$60.76**

El caso 1 tiene un costo por kg de ganancia ligeramente menor y presenta el costo del alimento por cerdo más bajo. Sin embargo, en el caso 2 hay más kilogramos producidos por cerdo y esto debe de tomarse en cuenta.

## Ingresos sobre el costo del alimento

Supuesto:

- Precio de cerdo vivo = \$1.21/kg

**ISCA (Ca1)** = (\$1.21 precio del cerdo/kg x 91.4 kg de ganancia) – (\$58.86 costo del alimento por cerdo) = **\$51.73 por cerdo**

**ISCA (Ca2)** = (\$1.21 precio de cerdo/kg x 94.2 kg de ganancia) – (\$60.76 costo del alimento por cerdo) = **\$53.22 por cerdo**

En el caso 2, el ingreso sobre el costo del alimento por cerdo es \$1.49 más alto que en el caso 1, por lo tanto, en este caso es más redituable la adición de grasa.

## Ingresos sobre el costo total

Supuestos:

- Rendimiento de la canal = 74%
- Precio de la canal = \$1.65/kg
- Costo del cerdo de engorda (23 kg) = \$55
- Ganancia de peso= 91.4 kg
- Otros costos (instalaciones/transporte/medicamentos/vacunas/sacrificio) = \$14.56 por cerdo

Cálculos del animal vivo:

**ISCTV (Ca1)** = [\$1.21 x (23 + 91.4)] - (\$58.86 + \$14.56 + \$55.0) = **\$10 por cerdo**

**ISCTV (Ca2)** = [\$1.21 x (23 + 94.2)] - (\$60.76 + \$14.56 + \$55.0) = **\$11.49 por cerdo**

En esta situación de mercado en vivo, el caso 2 (3% de grasa añadida) es más redituable en \$1.49 por cerdo que el caso 1 (sin grasa añadida).

Cálculos del animal en canal:

**ISCTC (Ca1)** = [\$1.65 x (23 + 91.4) X 0.74] - (\$58.86 + \$14.56 + \$55.0) = **\$11.26 por cerdo**

**ISCTC (Ca2)** = [\$1.65 x (23 + 94.2) X 0.74] - (\$60.76 + \$14.56 + \$55.0) = **\$12.78 por cerdo**

Por lo tanto, en esta situación de mercado en canal el caso 2 (3% de grasa añadida) es más redituable en \$1.52 por cerdo que el caso 1 (sin grasa añadida).

Aunque en el caso 2 la inclusión de 3% de grasa en la dieta aumentó el costo, el aumento de ingresos resultó en un incremento de ISCA y ISCT comparado con el caso 1 sin grasa añadida (cuadro A2).

**Cuadro A2. Diferencias económicas absolutas y relativas entre los casos 1 y 2**

Supuestos	Diferencias (caso 2 - caso 1)	
	Absoluta	Relativa (%)
Costo de la dieta, \$/kg	0.015	+6.5
Costo del alimento por cerdo, \$/cerdo	1.90	+3.2
Costo del alimento por kg producido, \$/kg	0.002	+0.3
ISCA, \$/cerdo	1.49	+2.9
ISCTV, \$/cerdo (base peso vivo)	1.49	+14.9
ISCTC, \$/cerdo (base en la canal)	1.52	+13.5

En general, hay múltiples estrategias y enfoques para la formulación de dietas. Es importante usar una estrategia que considere el valor del desempeño (es decir, GDP, A/G, rendimiento) y el sistema de finalización empleado (e.g., tiempo o peso fijo). Tenga en cuenta que el sistema de finalización puede ser de tiempo fijo en ciertos meses, y de peso fijo en otros meses. Por lo tanto, el uso de estrategias como ingreso sobre costo del alimento (e instalaciones) o ingreso sobre el costo total en la canal, son soluciones adecuadas para maximizar la rentabilidad de las explotaciones porcinas.

### Formulación de dietas estacionales

Históricamente, conforme disminuye la oferta de carne de cerdo en EE. UU. durante el verano, aumentan los precios del cerdo en el mercado (Figura A3). Esta reducción se debe posiblemente a tasas de fertilidad más bajas por la infertilidad estacional en las montas de verano, a la reducción del crecimiento por un menor consumo de alimento en los meses más cálidos y a una mayor demanda del mercado en esta estación. Los meses con los precios más altos varían alrededor del mundo ya que el clima y los mercados son afectados de manera diferente en distintas zonas geográficas. Sin embargo, es muy probable que exista variación en el precio según la estación del año.

Si tomamos a EE. UU. como ejemplo, con la finalidad de aprovechar al máximo el aumento de precio del cerdo en el verano, el nutriólogo y el equipo de producción necesitan enfocarse de manera proactiva en estrategias que aumenten el peso al mercado durante los meses deseados. La aplicación de dichas estrategias depende de las concentraciones de nutrientes que se usen en ese momento en el sistema de producción. Algunas de estas estrategias comunes incluyen:

- Incrementos en las concentraciones de energía
- Incrementos en las concentraciones de aminoácidos
- Incrementos en las concentraciones de cobre
- Uso de promotores de crecimiento naturales donde estén permitidos

PIC® desarrolló una herramienta de calendario en Excel para ayudar al nutriólogo y al poricultor a identificar fechas para actualizar cada dieta para sacar el mayor provecho del precio alto del cerdo durante los meses deseados; [haga clic aquí](#) para tener acceso a dicha herramienta.

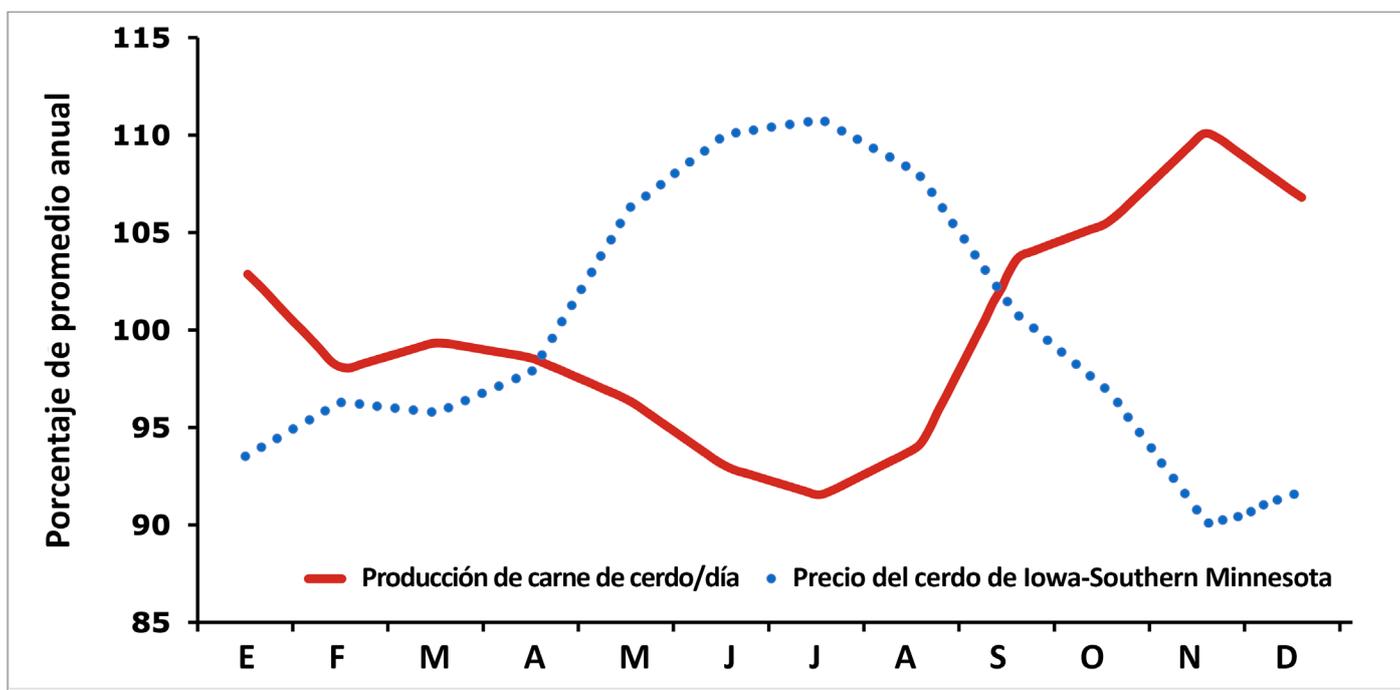


Figura A3. Índices de oferta y precio estacional de la carne de cerdo de EE. UU. de 1980 a 2016 (adaptado de EMI Analytics)





La energía es el mayor costo de cualquier dieta. Es importante conocer las implicaciones que la energía de la dieta tiene sobre el desempeño y la economía a lo largo de las diferentes fases de producción.

- Hay diferentes maneras de describir los valores energéticos de la dieta y de los ingredientes.
- Las más comunes son: 1) Sistema de energía metabolizable; y 2) Sistemas e energía neta.
- Es necesario llevar a cabo estimados precisos de los valores de energía de los ingredientes para evaluar de forma adecuada su valor relativo en la dieta.
- Los cerdos aumentan el consumo de alimento para cubrir sus necesidades de energía asumiendo que:
  - La dieta no sea tan baja en energía o tan alta en fibra que no puedan compensar por completo.
  - Un adecuado manejo de la alimentación, estado de salud y condiciones ambientales que permitan acceso sin restricciones a los nutrientes.
- PIC® y Kansas State University desarrollaron un modelo para ayudar a determinar la concentración de energía de la dieta que proporcione los mayores ingresos sobre el costo del alimento. Los principales impulsores del modelo son el precio del cerdo y el costo del ingrediente.

La energía digestible (ED) es el consumo de energía bruta (EB) menos el calor de la combustión de la materia fecal (Figura B1). La energía metabolizable (EM) es la ED menos el calor de la combustión de la producción de orina y gases. Por lo general, se ignora la producción de gases en cerdos. La energía neta (EN) es la EM menos el incremento térmico, que es el calor de la digestión y el metabolismo de los nutrientes. La energía neta se puede subdividir en EN de mantenimiento (ENm) y EN de producción (ENp). La energía neta de mantenimiento es la energía necesaria para sustentar la vida y mantener la homeostasis (por ejemplo, la temperatura corporal). La energía neta de producción es la energía utilizada en la síntesis de proteínas, grasa, desarrollo fetal y producción de leche. Por lo tanto, la EN debe ser el sistema de mayor precisión para predecir el desempeño del crecimiento (Nitikanjana et al., 2015).

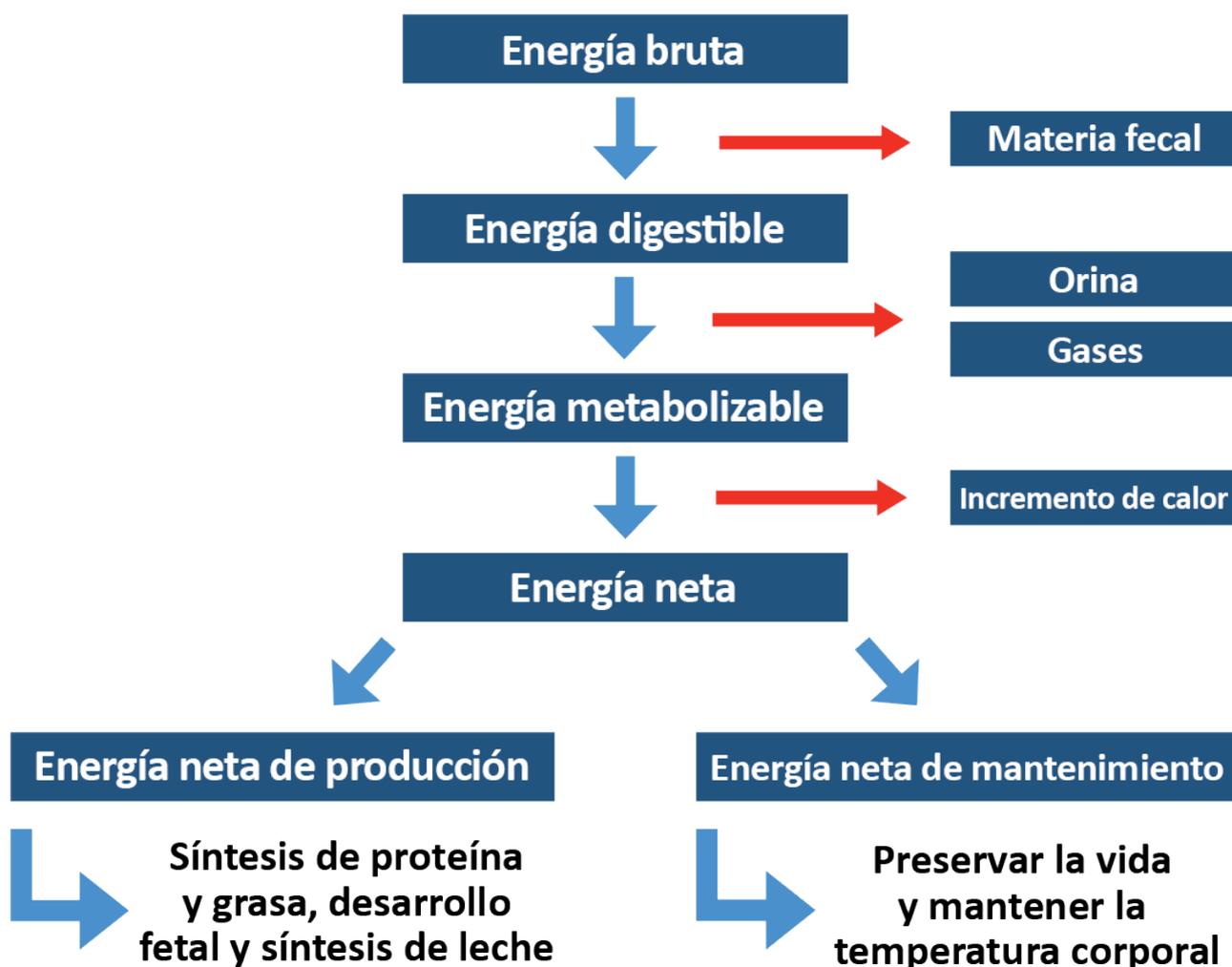


Figura B1. El uso de la energía de la dieta en cerdos

Los ingredientes con alto contenido en fibra [por ejemplo, granos secos de destilería con solubles (GSDS), harinillas de trigo]] o altos en proteína (por ejemplo, pasta de soya) aumentan la temperatura corporal durante la digestión (Figura B2). Con ingredientes con alto contenido de proteína o fibra hay una mayor diferencia entre la EM y la EN que con los de concentraciones moderadas. Es importante considerar que el cerdo puede utilizar el incremento de calor como fuente de calor cuando se encuentre por debajo de la zona termoneutral. Por lo tanto, las dietas con alto contenido de fibra y proteína no son tan perjudiciales durante la temporada invernal, cuando el clima cálido no limita el consumo de alimento o cuando el cerdo puede usar la producción extra de calor para mantener la temperatura corporal.

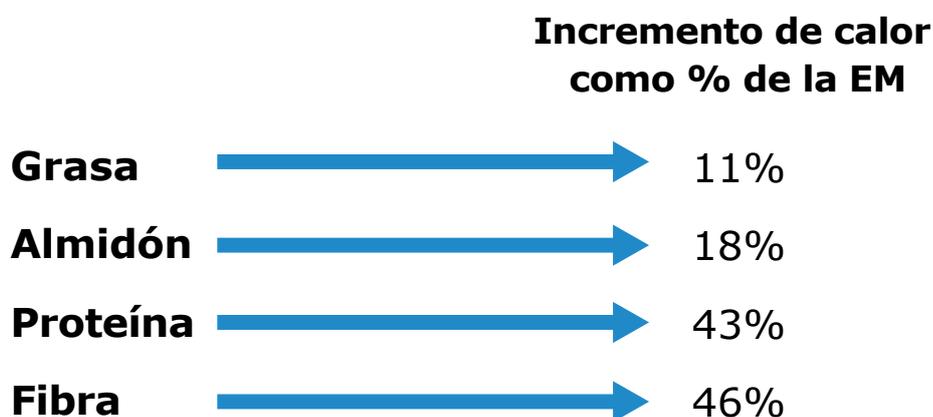


Figura B2. Incremento de calor como porcentaje de la energía metabolizable (EM) de cerdos. Adaptado de Noblet & Van Milgen (2004) y Rijnen et al. 2003

### Importancia del valor energético del ingrediente

Son importantes los valores de carga de nutrientes de los ingredientes en formulación. Es fundamental ser consistente en la base de datos de ingredientes utilizados. Por ejemplo, el uso de dos bases de datos diferentes de ingredientes, como el National Research Council (NRC, 2012) y el Central Bureau for Livestock Feeding (CVB, 2008) resulta en diferentes concentraciones de EM (3.3% de diferencia), EN (4.2% de diferencia) y lisina DIE (2.2% de diferencia) para la misma dieta (cuadro B1). Esta comparación muestra la importancia de usar una referencia consistente de valores energéticos.

Para los ingredientes que no están en las bases de datos, se pueden calcular los valores de energía con una variedad de métodos. Estos métodos incluyen una comparación con ingredientes de composición, estudios de titulación o cálculos similares con base en el análisis proximal. Considere ajustar la energía de los ingredientes internos basándose en la diferencia con respecto a la humedad del ingrediente de referencia. Todos los valores energéticos que se usan en las recomendaciones y herramientas de PIC® utilizan el NRC (2012). Si se compara la energía de la dieta con la misma dieta que usa los valores del NRC 2012, puede darle una idea del ajuste de energía que se puede hacer si se utilizan las herramientas PIC®. Al usar las Herramientas PIC®, no recomendamos dar valores de liberación de energía o aminoácidos con el uso de enzimas.

Cuadro B1. Mismas dietas formuladas con dos bases de datos de ingredientes diferentes (NRC 2012 vs. CVB 2008)

Variable	Porcentaje, %	
Maíz amarillo	70.99	
Pasta de soya extraída por solventes, fibra cruda < 4%, proteína cruda < 48%	25.19	
Aceite de maíz	1	
Carbonato de calcio	0.95	
Fosfato monocálcico	0.78	
Sal (NaCl)	0.37	
L-Lisina HCl	0.17	
DL-Metionina	0.04	
L-Treonina	0.02	
Premezcla de vitaminas y minerales traza	0.50	
<b>Total, %</b>	<b>100</b>	
	<b>NRC, 2012</b>	<b>CVB, 2008</b>
Energía metabolizable, kcal/kg	3,342	3,232
Energía neta, kcal/kg	2,515	2,414
Lisina digestible ileal estandarizada, %	0.93	0.91

Se formularon dos dietas con la misma concentración de EM. Una dieta fue hecha a base de maíz y pasta de soya, y la otra dieta empleó ingredientes altos en fibra (cuadro B2). Note que las dietas tienen la misma EM, pero la dieta con ingredientes altos en fibra tiene 2.5% menos EN. Esto indica que, si la concentración de EN es más precisa, la eficiencia alimenticia sería 2.5% más baja. Por lo tanto, en los casos en los que se ponen en la dieta ingredientes altos en fibra, las diferencias de EN afectan los cálculos económicos, pero no en la comparación con EM.

**Cuadro B2. Dietas con la misma energía metabolizable (EM), pero diferente energía neta (EN) con valores de ingredientes del NRC (2012)**

Variable	Dietas de maíz y pasta de soya	Dieta de ingredientes altos en fibra
Maíz amarillo	70.99	37.48
GSDS de maíz, < 4% de aceite	---	30.00
Subproducto de trigo	---	19.00
Pasta de soya extraída por solventes, fibra cruda < 4%, proteína cruda < 48%	25.19	7.11
Aceite de maíz	1	3.52
Carbonato de calcio	0.95	1.28
Fosfato monocálcico	0.78	---
Sal (NaCl)	0.37	0.39
L-Lisina HCl	0.17	0.57
L-Treonina	0.02	0.10
L-Triptofano	---	0.04
DL-Metionina	0.04	0.03
Premezcla de vitaminas y minerales traza	0.50	0.50
<b>Total, %</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Energía metabolizable, kcal/kg	3,342	3,342
Energía neta, kcal/kg	2,515	2,452
Lisina digestible ileal estandarizada, %	0.93	0.93

## Respuesta a la energía de las dietas de crecimiento-finalización

Es fundamental entender cómo responden los cerdos a los cambios de energía en la dieta para lograr la concentración más rentable. Se determinó el impacto de la concentración energética de la dieta en el desempeño de cerdos descendientes de PIC®337 (Cuadro B3). Las dietas se equilibraron en base a lisina DIE:Mcal de EM, de acuerdo con las recomendaciones de PIC® (Apéndice A). En todas las dietas se mantuvieron las proporciones mínimas de AA DIE.

Cuadro B3. Efectos de la concentración de energía en el desempeño del crecimiento de cerdos en crecimiento-finalización<sup>a</sup>

Variable	Concentración de energía de la dieta	
	Baja	Alta
Peso inicial, kg	21.8	21.8
Peso inicial, kg	130.8	130.7
Días con alimento	123	119
Ganancia diaria de peso, kg	0.894	0.921
Consumo diario de alimento promedio, kg	2.40	2.26
Conversión alimenticia	2.69	2.45
Consumo de energía metabolizable (EM), Mcal/día <sup>b</sup>	7.98	7.98
Consumo de energía neta (EN), Mcal/día <sup>b</sup>	5.86	6.08
Eficiencia calórica, Mcal de EM/kg	8.82	8.54
Eficiencia calórica, Mcal de EN/kg	6.50	6.51

<sup>a</sup>Adaptado del PIC® Executive Summary 51.

<sup>b</sup>Las concentraciones de energía de la dieta se calcularon suponiendo los valores de nutrientes de la base de datos del NRC (2012).

La alimentación con una serie de dietas con alto contenido de energía resultó numéricamente en una mejora del 3.1% en la ganancia diaria de peso (GDP), una reducción del 6.1% de consumo diario de alimento (CDA) y una mejora del 8.7% en eficiencia alimenticia. El consumo diario de EM fue similar entre los cerdos alimentados con diferentes concentraciones de energía, mientras que los alimentados dietas con baja EN, consumieron aproximadamente 3.5% menos energía que los alimentados con dietas con alta EN. Esto dio como resultado una eficiencia calórica 3.1% menor en cerdos alimentados con las dietas con baja energía con base a EM y una eficiencia calórica similar con base a EN. Aunque la CA fue diferente, los cerdos con las dietas con menor EN no necesariamente fueron menos eficientes en la utilización de la energía, además de que parece que el sistema de EN es más preciso que el de EM.

Una prueba comercial más reciente midió los efectos de un amplio rango de concentraciones de EN y fibra detergente neutra (FDN) en la dieta en el desempeño de cerdos en crecimiento-finalización de 30 a 130 kg (Lu et al., 2020). Se asignaron un total de 2,058 cerdos PIC® (PIC®380 x Camborough®) a 1 de 7 tratamientos de dieta, los cuales contenían concentraciones crecientes de EN (2.11 a 2.73 Mcal/kg) junto con concentraciones decrecientes de FDN (24.2 a 9.5%). En las dietas con menor energía se utilizaron más ingredientes fibrosos y menos aceite, mientras que en las dietas con mayor energía se usó más maíz y aceite. El tratamiento de 2.42 Mcal/kg se consideró equivalente en energía a la dieta a base de maíz y pasta de soya.

El aumento en EN y la reducción de fibra dietética aumentó la GDP, disminuyó el CDA, mejoró el A/G de la canal y aumentó el consumo diario de EN (cuadrático,  $P < 0.05$ ; Figura B3). El tratamiento con la menor energía tuvo 14% menos energía comparada con el equivalente de una dieta de maíz y pasta de soya. Los cerdos solo pudieron consumir 9% más alimento del tratamiento con la menor energía, lo cual resultó en una reducción del 7% de la GDP. Los resultados de la prueba no concordaron con los de Schinckel et al. (2012), que alegaban que los cerdos podían compensar la disminución de contenido de energía en las dietas comiendo más. La diferencia entre los estudios podría deberse a una mayor magnitud del incremento de FND en el estudio actual (la FND aumentó en 11.3 vs. 4.4%).



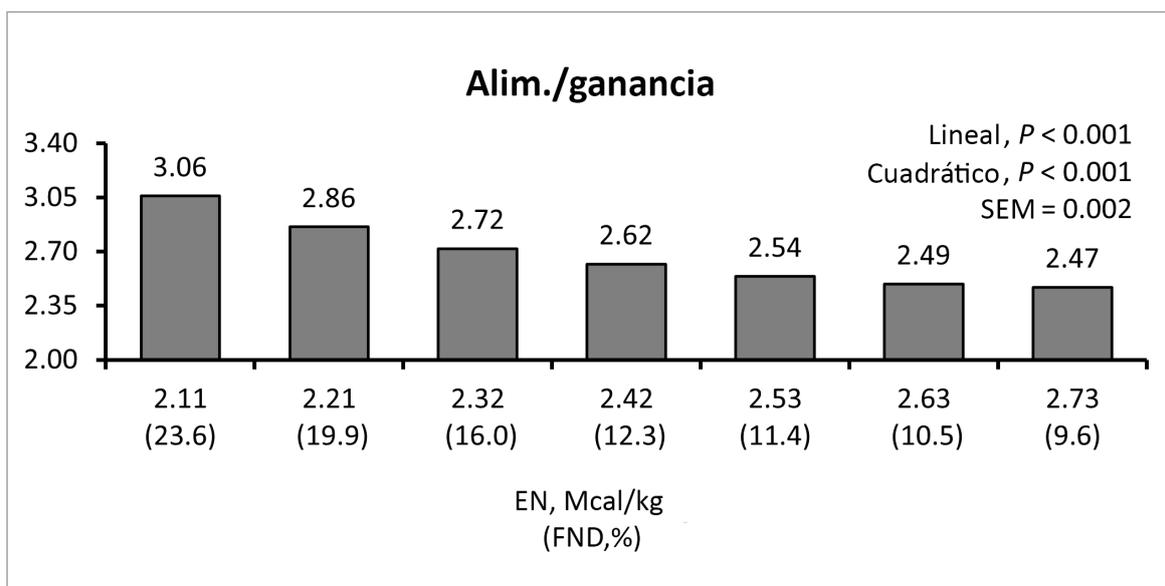
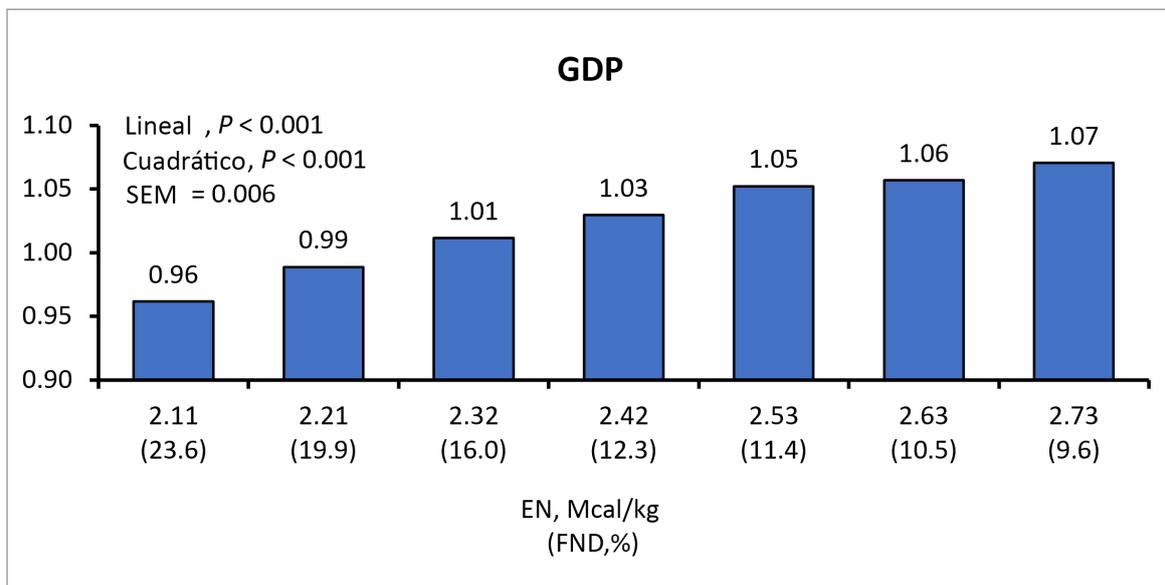
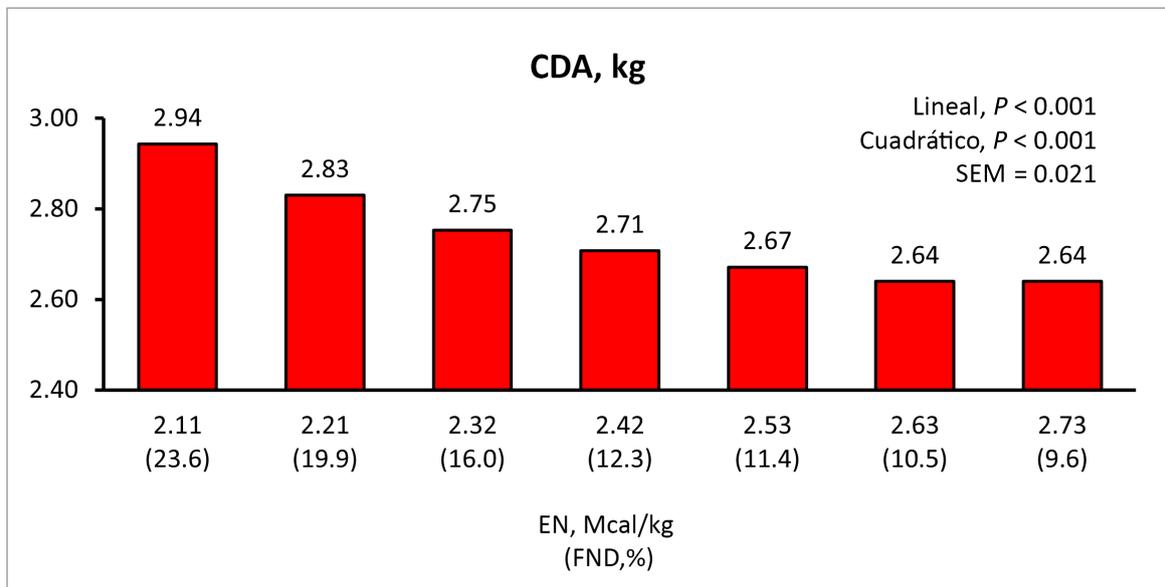


Figura B3. Efectos de las concentraciones de energía y fibra en el consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y alimento a ganancia (A/G) en cerdos en crecimiento-finalización

Las tasas de sacrificios y sacrificios por defectos fueron numéricamente mayores en los cerdos alimentados con las dietas con la menor EN y mayor FND (Figura B4. Nuestra hipótesis es que la mayor prevalencia de defectos se asocia con un acceso inadecuado a los nutrientes. Parece ser que al emplear dietas bajas en energía, el cerdo aumenta el CDA a un punto en que la capacidad intestinal es limitada y se reduce el consumo diario de nutrientes. También especulamos que, con las dietas con alto contenido en fibra, menor energía y menor densidad de masa, el cerdo tarda más tiempo en consumir una cantidad igual de kilocalorías. Por lo tanto, es posible que con la alimentación de dietas con menor energía y mayor FND sea más crítico el espacio del comedero y la cobertura de la bandeja del comedero. El personal de producción debe estar al tanto de los cambios en la dieta para que puedan ajustar el espacio del comedero y del corral para ayudar a que los cerdos logren estos niveles mayores de consumo. Este estudio indica que restringir el consumo de alimento reduce el desempeño del cerdo. Laskoski (2019) reportó un incremento de lesiones en orejas y colas con el aumento del número de cerdos por espacio de comedero. Se puede encontrar más información sobre el espacio del comedero y recomendaciones de ajustes en el Manual Destete a Finalización de PIC®; [haga clic aquí](#).

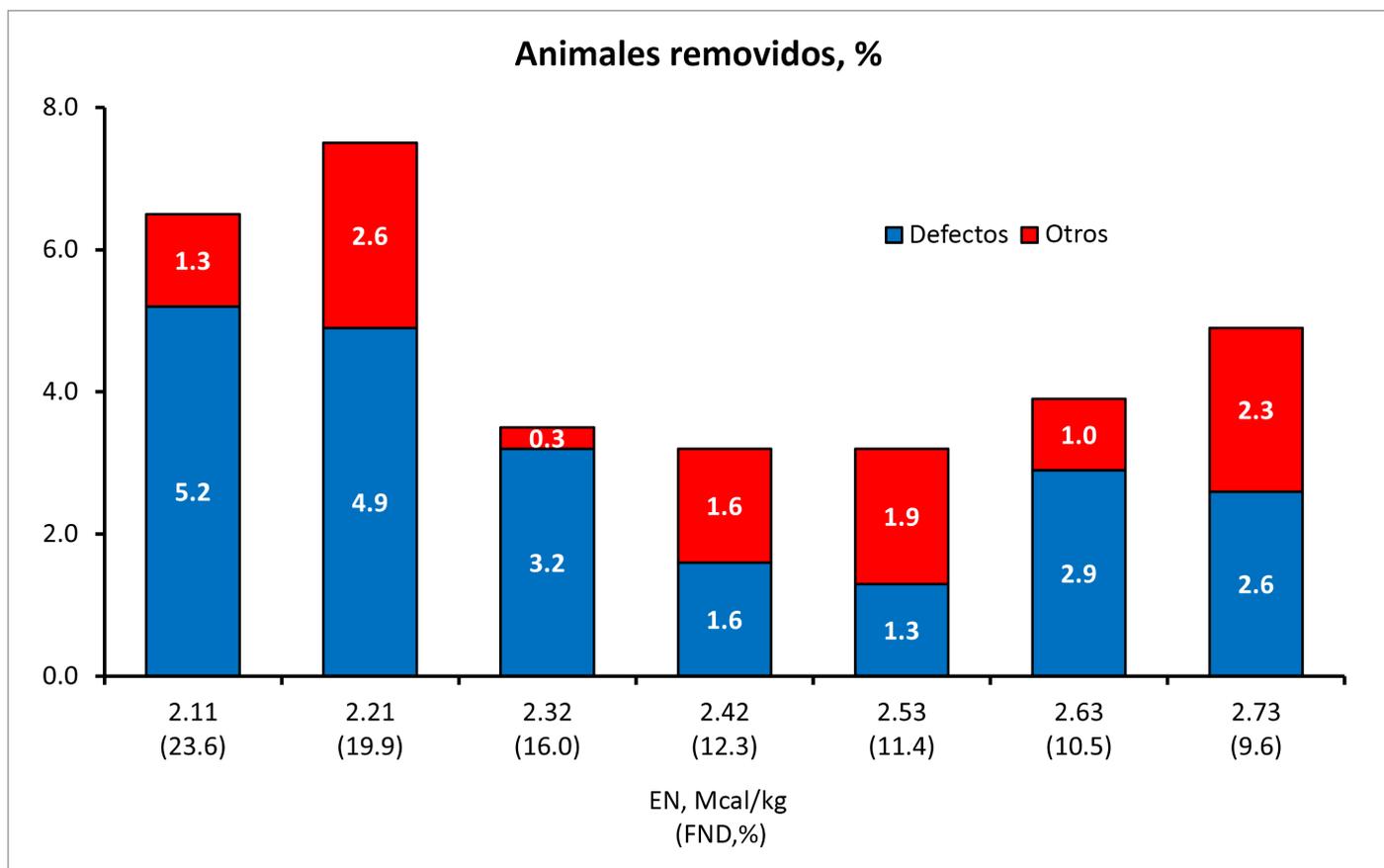


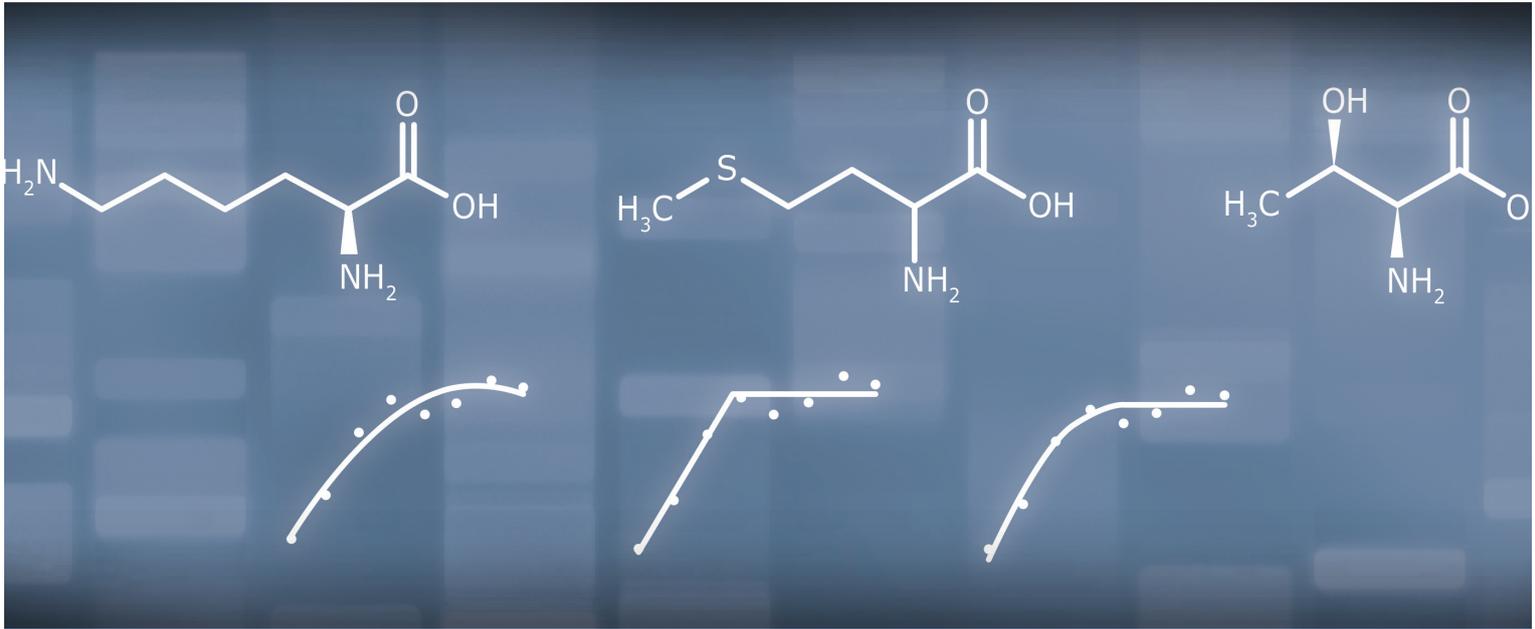
Figura B4. Efectos de las concentraciones de energía y fibra en la tasa de animales removidos del corral y prevalencia de comportamientos anormales

### Modelo económico para una concentración óptima de energía

Se han desarrollado y validado ecuaciones de regresión para predecir la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia de cerdos en crecimiento-finalización (Nitikanchna et al., 2015) y el impacto en el rendimiento de la canal (Soto et al., 2019a) que dependen de la EN de la dieta. Estas ecuaciones se usaron para modelar el contenido óptimo de EN de la dieta que rinde el mayor ingreso sobre el costo total por cerdo vivo o en canal. PIC® y Kansas State University colaboraron para desarrollar una herramienta basada en este modelo y en los aportes específicos de la granja para dar la concentración energética de la dieta con el mayor beneficio económico, tomando en cuenta el cambio de situación de producción y de la economía. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta herramienta y a las instrucciones.



## Proteína y aminoácidos



Las proteínas están compuestas de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para un crecimiento y reproducción eficaces. Los cerdos tienen requerimientos específicos de aminoácidos durante sus diferentes fases de vida.

- Hay diferentes maneras de describir aminoácidos en las dietas porcinas.
- Consideramos que la más práctica es la digestibilidad ileal estandarizada de aminoácidos.
- El concepto de proteína ideal es aquel en el que otros aminoácidos esenciales se suministran en proporciones mínimas al contenido de lisina DIE en la dieta.
- Las proporciones mínimas cambian con las diferentes etapas de producción.
- Los cerdos requieren ~20 g de lisina DIE para depositar 1 kg de ganancia de peso corporal.
- Conforme los cerdos se vuelven más eficientes en el uso del alimento con el mejoramiento genético, es necesario aumentar la concentración de aminoácidos en las dietas.
- Varios estudios de investigación indican que el desempeño de los cerdos en crecimiento-finalización se reduce cuando la concentración de proteína cruda en la dieta está por debajo del 13%.
- Es probable que la concentración de aminoácidos que maximiza el desempeño del crecimiento no sea lo más económico. La calculadora económica de lisina DIE puede ser de ayuda para tomar esa decisión.

## Aminoácidos esenciales y no esenciales

Existen 20 aminoácidos que conforman las proteínas. Los aminoácidos se clasifican en esenciales y no esenciales (Cuadro C1. Normalmente las dietas se formulan para cubrir los requerimientos de aminoácidos esenciales del cerdo, ya que no pueden sintetizarlos en la tasa requerida. Los cerdos pueden sintetizar aminoácidos no esenciales siempre y cuando haya nitrógeno suficiente en la dieta. Algunos aminoácidos pueden clasificarse como condicionalmente esenciales, ya que pueden requerirse sólo bajo ciertas condiciones de la dieta y fisiológicas.

Cuadro C1. Aminoácidos esenciales, no esenciales y condicionalmente esenciales (Adaptado del NRC, 2012)

Esenciales	No esenciales	Condicionalmente esenciales
Histidina	Alanina	Arginina
Isoleucina	Asparagina	Cisteína
Leucina	Aspartato	Glutamina
Lisina	Glutamato	Prolina
Metionina	Glicina	Tirosina
Fenilalanina	Serina	
Treonina		
Triptofano		
Valina		

Aunque la energía representa el principal costo de cualquier dieta, una gran parte de la respuesta a la energía depende de contar con los aminoácidos adecuados. Antes de determinar el valor energético más económico, determine los requerimientos de aminoácidos. Para obtener el desempeño deseado, todos los aminoácidos esenciales deben cubrir las necesidades del cerdo.

## Expresión de requerimientos de aminoácidos

Los aminoácidos pueden expresarse de múltiples maneras:

- **Totales:** representa todos los aminoácidos que contiene el ingrediente y que se encuentran en un análisis de aminoácidos. La desventaja es que no toma en cuenta las diferencias en digestibilidad de aminoácidos entre materias primas de alimentos. Se han desarrollado otras metodologías que toman en cuenta las diferencias de digestibilidad:

- **Biodisponibilidad**

se calcula por el método llamado “ensayo de proporción de pendiente” que se refiere al uso digestible y post-absorción de los aminoácidos a nivel tisular. Sin embargo, este método es el más caro y es probable que la disponibilidad de aminoácidos determinada no sea aditiva en las mezclas de ingredientes (Gabert et al., 2001).

- **Digestibilidad**

puede expresarse como digestibilidad total del tracto digestivo o ileal. El cálculo de la digestibilidad total del tracto digestivo se basa en la diferencia entre las cantidades de aminoácidos ingeridas contra las recuperadas en las heces. Esto puede sobrestimar la digestibilidad debido a la fermentación microbiana en el intestino grueso.

En contraste, el cálculo de la digestibilidad ileal se basa en la diferencia entre la cantidad de aminoácidos ingeridos y recuperados en el bolo alimenticio ileal, el cual es un estimado más preciso. La digestibilidad ileal puede dividirse en:

- **Digestibilidad ileal aparente (DIA):** no toma en cuenta las pérdidas de aminoácidos endógenos.
- **Digestibilidad ileal estandarizada (DIE):** toma en cuenta las pérdidas de aminoácidos endógenos.
- **Digestibilidad ileal verdadera (DIV):** toma en cuenta las pérdidas de aminoácidos endógenos basales y específicos.

Normalmente, conforme se incrementa la energía en la dieta, se reduce el consumo de alimento, mientras que el consumo calórico es similar. La expresión de aminoácidos con relación al contenido de energía en la dieta (por ejemplo, proporción de lisina a kilocalorías) ajusta las concentraciones de aminoácidos para diferentes concentraciones de energía (Chiba et al., 1991; De La Lata et al., 2001). Conforme aumenta la energía, aumenta la lisina; conforme disminuye la energía, disminuye la lisina; pero la proporción de lisina a kilocalorías se mantiene igual, independientemente de la energía de la dieta. Este arreglo garantiza que los aminoácidos se ajusten con base en los cambios de consumo de alimento y tasas de crecimiento causados por los cambios de densidad energética en la dieta.

### **Proporciones de aminoácidos**

El NRC (2012) definió los requerimientos de aminoácidos esenciales para cada etapa de producción. Las modificaciones subsiguientes que se han realizado se basan en investigaciones recientes con cerdos PIC®. Este manual notifica los requerimientos de aminoácidos DIE. Los requerimientos de lisina se expresan como proporción de lisina DIE y energía. Normalmente, los requerimientos de otros aminoácidos esenciales se expresan como mínimos con relación a la lisina DIE, ya que es muy probable que la lisina sea el primer aminoácido limitante de la dieta. Además, los requerimientos de aminoácidos que recomendamos se determinaron con las concentraciones de nutrientes de ingredientes del NRC (2012), que incluye la energía metabolizable y la neta. La proporción mínima sugerida de aminoácidos de la dieta para cada fase se describe en los cuadros de especificaciones de nutrientes PIC®.

### **Avances más recientes en los requerimientos de aminoácidos para cerdos en crecimiento-finalización**

Los incrementos de eficiencia y ganancia magra en los cerdos PIC® se expresan en los sistemas de producción de todo el mundo. Para una buena producción porcina es importante un adecuado suministro de aminoácidos. La alimentación con dietas por debajo del requerimiento de aminoácidos hará que disminuya la deposición de proteínas y aumentará la de grasa (Main et al., 2008). Se necesitan aproximadamente 20 g de lisina DIE para depositar 1 kg de ganancia de peso corporal (Goodband et al., 2014; Orlando et al., 2021). Con un incremento en la tasa de crecimiento y mejor eficiencia alimenticia, se espera que la recomendación de lisina de la dieta se incremente para que coincida con las necesidades del cerdo.

Se llevó a cabo una actualización del metanálisis que en 2016 generó las recomendaciones de lisina DIE de PIC® con un total de 29 experimentos desarrollados entre 2013 y 2020 bajo condiciones comerciales con 48,338 cerdos (Orlando et al., 2021). Los dos estudios más recientes de este metanálisis se hicieron con la progenie del 15% de índice alto de verracos reproductores de una granja élite PIC®. Los modelos se desarrollaron en cerdos de ambos sexos y para calcular las recomendaciones para cerdos castrados y cerdas primerizas se utilizó la curva de crecimiento de PIC®337. Se hicieron curvas de proporción de lisina DIE a kilocalorías para EM y EN de acuerdo con la composición de los ingredientes del NRC (2012). El rango de la proporción de EN a EM observada en los datos del metanálisis fue entre 0.72 a 0.74. Las recomendaciones de PIC® de 2020 de lisina DIE se basan en el promedio de GDP y eficiencia alimenticia (G:A), en los que se logran concentraciones aproximadamente del 100% de la máxima GDP y del 99.4% de la máxima G:A. Los requerimientos biológicos actualizados se mantuvieron similares en comparación con las recomendaciones de PIC® de 2016; sin embargo, se ajustaron los estimados de requerimientos para las fases de maternidad y finalización tardías (Figura C1).



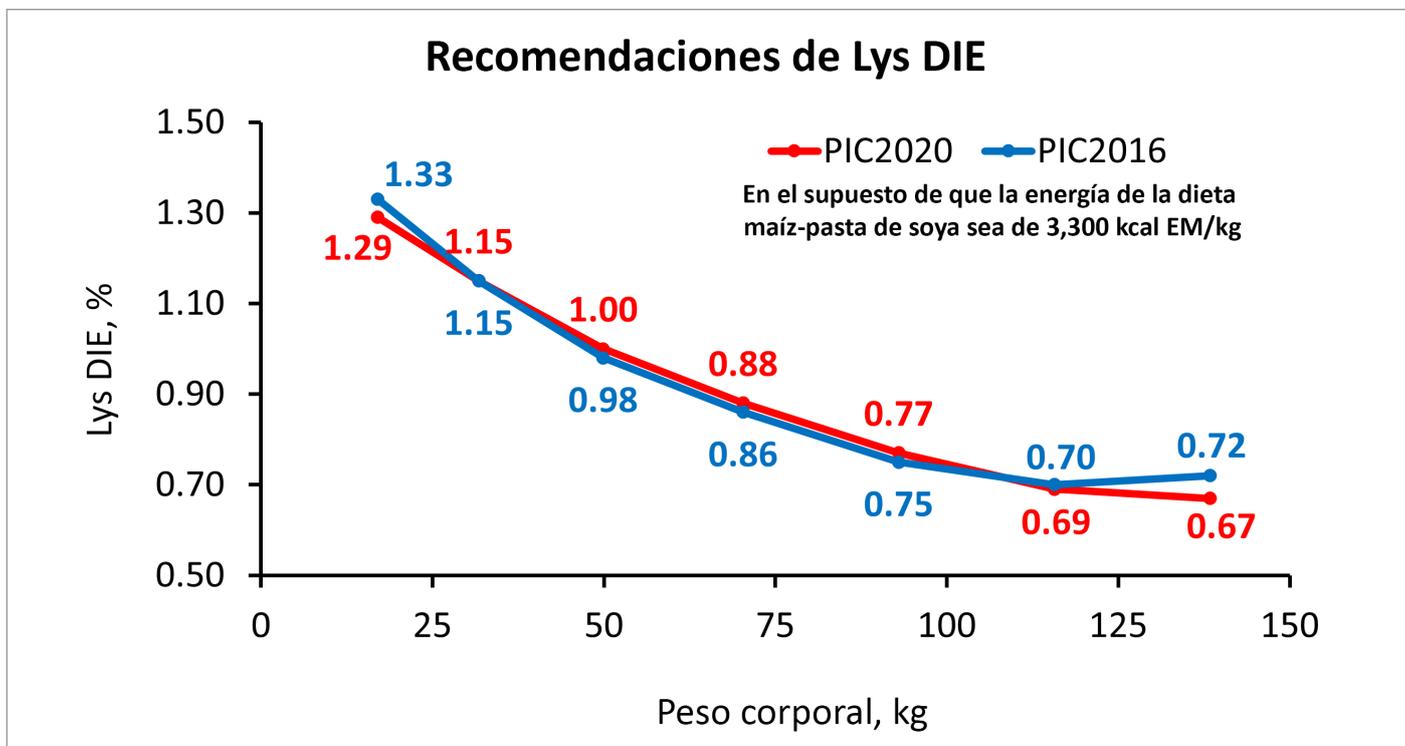


Figura C1. Recomendaciones del porcentaje de lisina DIE en la dieta de cerdos PIC® en 2016 y 2020 con base en el equivalente energético de una dieta de maíz-pasta de soya

Estas son las ecuaciones de regresión utilizadas para calcular los requerimientos de PIC® de la proporción lisina DIE a kilocalorías según el sexo y peso corporal:

**Lisina DIE para ambos sexos (cerdos castrados y hembras), g/Mcal de EN =**

$$0.0000327185 \times (\text{peso, kg} \times 2.204622)^2 - 0.0214484253 \times (\text{peso, kg} \times 2.204622) + 6.0773690201.$$

**Lisina DIE para ambos sexos (cerdos castrados y hembras), g/Mcal de EM =**

$$0.0000255654 \times (\text{peso, kg} \times 2.204622)^2 - 0.0157978368 \times (\text{peso, kg} \times 2.204622) + 4.4555073859.$$

**Lisina DIE para cerdos castrados con peso < 40 kg =**

la misma lisina DIE:Mcal que en ambos sexos;

**Lisina DIE para cerdos castrados con peso > 40 kg =**

$$\text{g lisina DIE:Mcal para ambos sexos} - (-0.0000000031 \times \text{peso, kg}^4 + 0.0000013234 \times \text{peso, kg}^3 - 0.0002087068 \times \text{peso, kg}^2 + 0.0142221655 \times \text{peso, kg} - 0.3126825057) \times \text{g lisina DIE:Mcal para ambos sexos}$$

**Lisina DIE para hembras con peso < 40 kg =**

la misma lisina DIE:Mcal que en ambos sexos;

**Lisina DIE para hembras con peso > 40 kg =**

$$\text{g lisina DIE:Mcal para ambos sexos} - (-0.0000000031 \times \text{peso, kg}^4 + 0.0000013234 \times \text{peso, kg}^3 - 0.0002087068 \times \text{peso, kg}^2 + 0.0142221655 \times \text{peso, kg} - 0.3126825057) \times \text{g lisina DIE:Mcal para ambos sexos}$$

**Lisina DIE para verracos si la lisina DIE para cerdos castrados  $\times [0.0023 \times \text{peso, kg} + 0.9644]$  es < lisina DIE para hembras =**

la misma lisina DIE:Mcal que en hembras.

**Lisina DIE para verracos si la lisina DIE para cerdos castrados  $\times [0.0023 \times \text{peso, kg} + 0.9644]$  es > lisina DIE para hembras =**

$$\text{lisina DIE para cerdos castrados} \times [0.0023 \times \text{peso, kg} + 0.9644]$$

En todo el mundo, el peso a mercado va en aumento y por eso es necesario comprender los requerimientos de nutrientes de cerdos más pesados. Se realizó un estudio comercial con 990 cerdos (PIC® 337 x Camborough®) alojados en corrales de ambos sexos para determinar el requerimiento de lisina DIE en cerdos con pesos entre 130 y 150 kg (Orlando et al., 2018). Los resultados indicaron el punto límite de la eficiencia alimenticia óptima de cerdo en finalización tardía en 2.21 g lisina DIE:Mcal de EM. El requerimiento de lisina no presenta una disminución drástica después de 150 kg de peso corporal. Los datos de este estudio se incluyeron en el metanálisis de PIC® de 2020 el cual refleja de manera precisa las recomendaciones de lisina con el aumento del peso en el mercado.

Debido a las preocupaciones económicas y ambientales, la reducción de los porcentajes proteína cruda (PC) que reemplazan parcialmente a los aminoácidos de las fuentes de proteínas con aminoácidos de grado alimenticio animal es una práctica muy extendida en todo el mundo. Aunque los cerdos no tienen un requerimiento específico de proteína, estudios recientes han demostrado que los bajos niveles de proteína cruda reducen el desempeño porcino. Esto se hace más evidente en cerdos en finalización tardía alimentados con dietas por debajo del 13% de proteína cruda, incluso si se cubre la proporción adecuada de aminoácidos (Tous et al., 2014; Soto et al., 2019b). Se han investigado varias explicaciones posibles, como la deficiencia de aminoácidos no esenciales o de otros nutrientes que brinda la fuente de proteína, fuente de proteína cruda, concentración de pasta de soya, concentración de isoflavonas de soya, equilibrio de electrolitos en la dieta, colina y potasio (Rojo, 2011; Ball et al., 2013; Rochell et al., 2015; Mansilla et al., 2017; Thomas et al., 2018). Es necesario realizar más investigaciones para entender la causa de la disminución del desempeño al alimentar cerdos de más de 100 kg de peso corporal con dietas con menos del 13% de proteína cruda, pero con concentraciones de aminoácidos aparentemente adecuadas.

### **Modelos biológicos y económicos para una concentración óptima de lisina DIE**

En la última década, la selección genética para un mayor crecimiento y una mejor eficiencia alimenticia provocó la necesidad de reevaluar las recomendaciones de nutrientes para alcanzar el potencial genético de los cerdos. Los resultados del metanálisis antes mencionado sirvieron de base para el desarrollo de una herramienta que calcula el requerimiento biológico de lisina DIE biológica de cerdos PIC® con diferentes rangos de pesos.

La concentración de lisina tiene un gran impacto en el costo de la dieta. En función del panorama económico, es posible que la concentración de lisina DIE biológica para maximizar la tasa de crecimiento no resulte en una rentabilidad máxima. PIC® desarrolló una herramienta en Excel para ayudar a que el usuario determine el aspecto económico de las concentraciones de lisina DIE que se alimentan en comparación con los requerimientos biológicos de lisina bajo diferentes situaciones financieras. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta herramienta y a las instrucciones.





## Macrominerales



Los macrominerales participan en muchos procesos que van desde el marco estructural del ADN y ARN al desarrollo óseo, equilibrio electrolítico y desempeño del crecimiento. Para tener una dieta bien formulada es fundamental ajustar con detalle la concentración de macrominerales. Por lo general, entre los macrominerales suplementados en la mayoría de las dietas porcinas están el calcio (Ca), fósforo (P), sodio y cloro.

- Las formas comunes de describir el fósforo en las dietas porcinas son el fósforo disponible y fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo.
- Se han actualizado las recomendaciones de fósforo para las fases de maternidad, crecimiento-finalización y desarrollo de primerizas con base en investigaciones recientes hechas bajo condiciones comerciales.
- El calcio en la dieta se describe como analizado (análisis proximal) o total, que es la suma del Ca analizado más el liberado por la fitasa.
- La concentración de P en la dieta para maximizar la mineralización ósea es mayor que para maximizar el crecimiento.
- El exceso de Ca afecta negativamente en la utilización del P, en particular si el P es limitante; por lo tanto, se debe mantener una proporción de Ca a P.
- Es probable que la concentración de P que maximiza el crecimiento del cerdo al mercado no sea la más redituable. PIC® y Kansas State University desarrollaron una herramienta para ayudar a tomar esta decisión.
- En cerdos lactantes los requerimientos de sodio son mayores que en otras etapas de la producción.

## Calcio y fósforo

El calcio (Ca) y fósforo (P) son esenciales para la deposición de tejido magro, desarrollo y mantenimiento del esqueleto y muchas otras funciones metabólicas.

El fósforo y el calcio se pueden expresar de muchas maneras:

- **Analizado:** representa todo el Ca y P en el ingrediente. Esto es lo que usted puede encontrar en un análisis proximal.
- **Total:** el Ca total es la suma del Ca analizado más el liberado por fitasa.
  - **Biodisponibilidad**
    - El P disponible se calcula con un método denominado “ensayo de proporción con pendiente”. Calcula el uso de estos minerales digestibles más el posterior a la absorción a nivel tisular con respecto a una fuente inorgánica estándar; sin embargo, este método es más caro y supone que una fuente inorgánica estándar es 100% disponible.
  - **Digestibilidad**
    - **Digestibilidad aparente total del tracto digestivo (DATT):** calcula la digestibilidad aparente total del tracto digestivo de Ca y P con base en la diferencia entre la cantidad ingerida y las cantidades recuperadas excretadas en las heces sin corregir por pérdidas endógenas basales.
    - **Digestibilidad estandarizada total del tracto digestivo (DETT):** calcula la digestibilidad total del tracto digestivo de Ca y P con base en la diferencia entre lo ingerido y las cantidades recuperadas en las heces corrigiendo por las pérdidas endógenas basales.
    - **Digestibilidad total verdadera del tracto digestivo (DTVT):** calcula la digestibilidad total del tracto digestivo de Ca y P con base en la diferencia entre lo ingerido y las cantidades excretadas corrigiendo las pérdidas tanto basales como endógenas específicas.

El NRC (2012) reporta el requerimiento de P con base en DETT, DATT y total. Entre los investigadores y nutriólogos de todo el mundo la manera de expresar P como DETT es la más común. El establecimiento de la concentración óptima de P con base en DETT sigue siendo un problema importante. El NRC (2012) reportó el estimado del requerimiento de P DETT en cerdos lactantes con base a un modelo matemático de regresión y en cerdos en crecimiento-finalización con un método factorial. Dos estudios recientes con 1,080 y 2,140 cerdos híbridos PIC® determinaron que el NRC (2012) calcula con precisión el requerimiento de P DETT en cerdos de 11 a 23 kg con base en g/d (Vier et al., 2019a). Como porcentaje de la dieta, el requerimiento de P DETT en dietas con o sin 1,000 FYT de fitasa añadida estuvo entre 0.34 y 0.42% para optimizar la eficiencia alimenticia y la tasa de crecimiento. Un estudio reciente con 1,130 cerdos híbridos PIC® indicó que el estimado de las concentraciones de P DETT para maximizar el crecimiento y la mineralización ósea en cerdos de 24 a 130 kg fue de 122% y 131% de los estimados de requerimientos del NRC (2012) como porcentaje de la dieta para cerdos de ambos sexos con deposición promedio de proteína de 135 g/día, respectivamente (Vier et al., 2019b). Los gramos de P DETT por kg de ganancia en las fases de maternidad y de crecimiento-finalización fueron 5.77 y 7.50, respectivamente.

Estas son las ecuaciones de regresión utilizadas para calcular los requerimientos de PIC® de la proporción P DETT a kilocalorías según el sexo y el peso corporal:

**P DETT para ambos sexos (cerdos castrados y hembras), g/Mcal de EN =**  
 $0.000047 \times \text{peso, kg}^2 - 0.014391 \times \text{peso, kg} + 2.027515.$

**P DETT para ambos sexos (cerdos castrados y hembras), g/Mcal de EM =**  
 $0.000031 \times \text{peso, kg}^2 - 0.009664 \times \text{peso, kg} + 1.476751.$

**P DETT para cerdos castrados con peso < 40 kg =**  
la misma proporción P DETT:Mcal que en ambos sexos;

**P DETT para cerdos castrados con peso > 40 kg =**  
g P DETT:Mcal para ambos sexos -  $(-0.0000000031 \times \text{peso, kg}^4 + 0.0000013234 \times \text{peso, kg}^3 - 0.0002087068 \times \text{peso, kg}^2 + 0.0142221655 \times \text{peso, kg} - 0.3126825057) \times \text{g P DETT:Mcal para ambos sexos}$

**P DETT para hembras con peso < 40 kg =**  
la misma proporción de P DETT:Mcal que en ambos sexos;

**P DETT para hembras con peso > 40 kg =**  
g P DETT:Mcal para ambos sexos -  $(-0.0000000031 \times \text{peso, kg}^4 + 0.0000013234 \times \text{peso, kg}^3 - 0.0002087068 \times \text{peso, kg}^2 + 0.0142221655 \times \text{peso, kg} - 0.3126825057) \times \text{g P DETT:Mcal para ambos sexos}$

**P DETT para verracos si su peso es < 30 kg =**  
la misma proporción de P DETT:Mcal que en hembras

**P DETT para verracos con peso > 30 kg =**  
g P DETT:Mcal para hembras +  $(-0.0000000019 \times \text{peso, kg}^4 + 0.0000007208 \times \text{peso, kg}^3 - 0.0000963713 \times \text{peso, kg}^2 + 0.0050363106 \times \text{peso, kg} - 0.0486016916) \times \text{g P DETT:Mcal de hembras}$

**P DETT para hembras en desarrollo =**  
 $1.08 \times \text{P DETT:Mcal de hembras}$

En cuanto a los requerimientos de P con base en DETT y disponible, consulte los cuadros de Especificaciones de Nutrientes de PIC®. Las recomendaciones de P disponible se calculan como el 86% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de maíz-pasta de soya con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad de P del NRC (1998 y 2012).

Una vez que la concentración mínima de P ha sido determinada, la concentración de Ca se establece como una proporción a P. Varios estudios han mostrado que una proporción amplia de Ca a P es perjudicial para el desempeño del crecimiento de los cerdos y es más evidente si el P es deficiente o marginal (González-Vega et al., 2016a,b; Merriman et al., 2017; Wu et al., 2018). Sin embargo, hay componentes de la dieta, como la fitasa, que pueden afectar la proporción óptima entre Ca y P. Vier et al. (2019c) reportaron que la proporción de Ca a P analizados maximizó la GDP a 1.38:1 en cerdos PIC® de 26 a 127 kg alimentados con P por arriba de las recomendaciones del NRC (2012) y sin fitasa añadida. Al añadir fitasa a 1000 FYT/kg en las dietas, la proporción óptima de Ca a P analizados aumentó a 1.63:1.

Recientes estudios se enfocaron en definir las concentraciones de Ca digestible de los diferentes ingredientes, las cuales pueden usarse para la formulación de dietas en el futuro (Stein et al., 2016). Un estudio reportó que la proporción de Ca a P expresada con base en Ca DETT:P DETT era más consistente en las dietas con o sin fitasa, si se compara con la proporción expresada en Ca:P analizados (Vier et al., 2019c).

Este manual se centra en el Ca analizado. Es probable que algunos ingredientes y aditivos de alimentos contengan fuentes de Ca como agente de flujo o vehículo. A menudo el Ca de estas fuentes no se toma en cuenta en la formulación y puede tener un impacto significativo en la proporción de Ca a P; por lo tanto, los valores reales de Ca analizado pueden diferir de los formulados.

## Modelos biológicos y económicos para una concentración óptima de fósforo

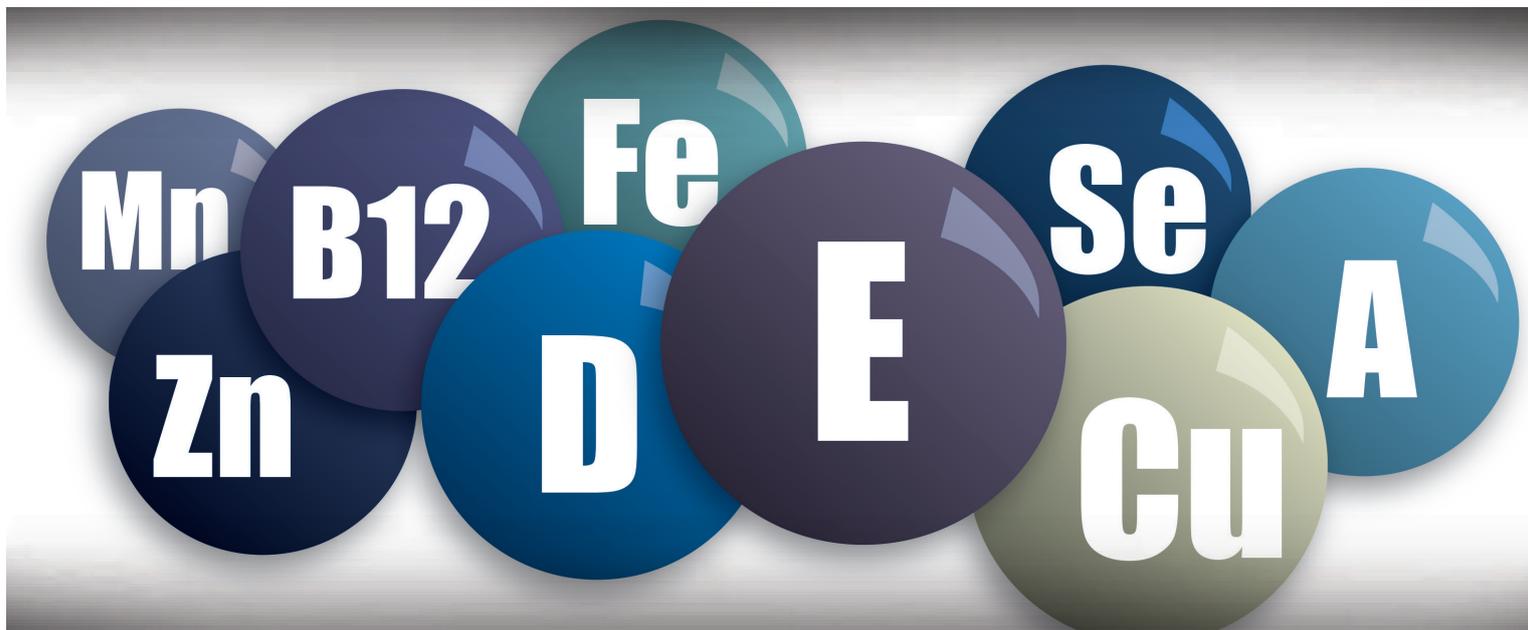
El P en la dieta tiene un gran impacto en el desempeño del crecimiento de los cerdos. El fósforo está considerado como el tercer nutriente más caro en las dietas porcinas, además de que tiene un impacto ambiental vinculado a su excreción. Un estudio comercial demostró que el requerimiento de P DETT de los genotipos modernos es mayor al de los estimados por el NRC como porcentaje de la dieta de cerdos al mercado con un promedio de deposición de proteína de 135 g/d. El requerimiento de P DETT sigue siendo similar al del NRC para cerdos con un promedio de deposición de proteína de 155 g/d (Vier et al., 2019b). Sin embargo, la concentración de P DETT para apoyar el máximo crecimiento no siempre resulta en la máxima recuperación económica.

Kansas State University y PIC® desarrollaron una herramienta en Excel para comparar las concentraciones actuales de P DETT con las requeridas para lograr el máximo desempeño del crecimiento, considerando al mismo tiempo las aportaciones e implicaciones económicas. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta herramienta y a las instrucciones.

## Requerimientos de sodio y cloro

El sodio (Na) y el cloro (Cl) son importantes para mantener la homeostasis del agua y los electrolitos, regular el pH y la absorción de nutrientes. Los cerdos lactantes necesitan concentraciones mayores de Na y Cl, las cuales se reducen mucho en cerdas en crecimiento-finalización, gestación y lactancia (NRC, 2012; Shawk et al., 2018; Shawk et al., 2019). La sal de cocina contiene aproximadamente 39.5% de Na y 59% de Cl. Hay que ser consciente de que la sal de roca, a veces de color gris, probablemente tenga menos concentraciones de Na y Cl. La deficiencia de Na o Cl reduce el consumo del alimento, la ganancia diaria promedio y empeora la eficiencia alimenticia. La deficiencia de sal induce el mordisqueo de colas (Fraser et al., 1987). Los cerdos pueden tolerar altas concentraciones de sal, siempre y cuando tengan amplio acceso a agua de bebida. El abastecimiento insuficiente de agua junto con altas concentraciones de sal pueden ocasionar “intoxicación de sal”. Por último, es importante monitorear las concentraciones de Na de los ingredientes para garantizar que se logren las concentraciones de formulación previstas.

## Minerales traza y vitaminas



Este capítulo analiza la suplementación de minerales y vitaminas enfocada en optimizar el desempeño. Es importante que haya cantidades adecuadas de minerales traza y vitaminas en la dieta debido a los distintos papeles que tienen en las funciones reguladoras. Estos papeles van desde mantener la estructura de la pezuña a maximizar la eficiencia reproductiva.

- Las recomendaciones de vitaminas se actualizaron en base a dos pruebas recientes llevadas a cabo en condiciones comerciales.
- Las recomendaciones de los minerales traza se ajustaron para permitir una implementación más sencilla.
- La alimentación en exceso de minerales o vitaminas puede provocar toxicidad y un aumento en el costo de la dieta, mientras que la alimentación de concentraciones inadecuadas resulta en deficiencias y empeora el desempeño de los animales (NRC, 2012; Dritz et al., 2019).

## Minerales traza

Los minerales traza suplementados con frecuencia en las dietas porcinas incluyen zinc, manganeso, hierro, cobre, yodo y selenio. Estos minerales traza específicos están en forma inorgánica y orgánica (formas inorgánicas: sulfatos, óxidos, cloruros, etc.; formas orgánicas: quelatos, proteínatos, etc.) Las formas inorgánicas son las que más se usan en las dietas para cubrir los requerimientos del cerdo.

Más allá de las concentraciones necesarias para los requerimientos biológicos, se han usado concentraciones farmacológicas de zinc inorgánico (óxido de zinc) en cerdos lactantes para promover la salud intestinal y el crecimiento. En dietas para lactantes y de crecimiento-finalización se han usado altas concentraciones de cobre (sulfato de cobre y cloruro de cobre tribásico) para promover el desempeño. En estudios recientes se ha mostrado que las cerdas alimentadas con alto contenido de cobre en la dieta (220 vs. 20 ppm) durante múltiples gestaciones, tuvieron una mejor ganancia de peso del lechón. Una prueba de seguimiento con la progenie demostró que es probable que los efectos promotores del crecimiento del cobre dependan del estado del cobre en todo el cuerpo (Lu y Lindemann, 2017; Lu et al., 2018). Se reportó que la suplementación de la dieta con tripicolinato de cromo mejora el tamaño de la camada de lechones nacidos vivos en estudios a largo plazo de hembras reproductivas durante al menos 2 partos y que el grado de respuesta es en función del tiempo y dosis de la suplementación de cromo (Lindemann y Lu, 2019). En algunos países la suplementación del alimento con minerales traza está estrictamente regulada debido a preocupaciones ambientales (Underwood y Suttle, 1999). Hay que asegurarse que la suplementación de minerales traza cumpla con las reglamentaciones locales.

En comparación con las fuentes inorgánicas, los minerales traza orgánicos son más estables en ambientes con pH bajo gracias a la formación de ligandos orgánicos. Se espera que tengan menos antagonismos en el intestino delgado y que sean mejor aprovechados (Leeson y Summers, 2001). Una mayor digestibilidad y biodisponibilidad de minerales traza orgánicos permite que el productor consiga un desempeño similar o mejor con menores tasas de inclusión (Richards et al., 2010; Liu et al., 2014). Algunos estudios han mostrado que los minerales traza orgánicos pueden impulsar la respuesta inmune, aliviar el estrés oxidativo, mejorar el desarrollo y la fuerza ósea, así como mejorar el desempeño reproductivo de las cerdas (Peters y Mahan, 2008; Richards et al., 2010; She et al., 2017; Liao et al., 2018). Sin embargo, estas respuestas han sido inconsistentes debido a que la mayoría de los cerdos en Estados Unidos se alimentan con minerales traza inorgánicos (Flohr et al., 2016). La excepción es el selenio orgánico, que presenta una aceptación más amplia, especialmente en dietas de cerdas y verracos.

## Vitaminas

Las vitaminas desempeñan papeles críticos (como coenzimas) en varias rutas metabólicas del crecimiento y reproducción normales. Es importante brindar las concentraciones adecuadas de vitaminas para optimizar el desempeño y minimizar los costos innecesarios. Normalmente las vitaminas se añaden a las dietas comerciales en concentraciones que exceden los estimados de requerimientos del NRC (2012). Un estudio comparó los actuales regímenes alimenticios de vitaminas suplementarias de la industria porcina de EE. UU. con los estimados de requerimientos del NRC (Flohr et al., 2016). Los resultados mostraron que se añadieron vitaminas liposolubles en tasas de 4 a 11.6 veces por encima de lo recomendado en dietas de maternidad y de 1.8 a 6.7 veces más en dietas de crecimiento-finalización. Otras vitaminas se añadieron en tasas de 0.4 a 7.1 veces en dietas de maternidad y de 0.7 a 3.8 veces en dietas de crecimiento-finalización. Un estudio reciente evaluó las concentraciones de vitaminas suplementadas en un programa comercial de destete a finalización con 1,200 cerdos PIC® (PIC® 337 × Camborough®; Thompson et al., 2020).

Los tratamientos consistieron en vitaminas añadidas en la premezcla sin tomar en cuenta las de los ingredientes (Tabla E1):

1. NRC 2012: concentraciones de vitaminas añadidas idénticas a las recomendaciones del NRC (2012);
2. PIC® 2016: concentraciones de vitaminas añadidas idénticas a las recomendaciones PIC® (2016); y
3. Debajo de PIC® 2016: concentraciones de vitaminas añadidas por debajo de las recomendaciones PIC® (2016).

**Tabla E1. Concentraciones de vitaminas añadidas (por kg de la dieta completa) para cerdos de 5 a 130 kg en los tres tratamientos (Thompson et al., 2020).**

Tratamiento	NRC, 2012		PIC® 2016			Debajo de PIC® 2016		
	5-25	25-130	5-25	25-80	80-130	5-25	25-80	80-130
Vitamina A, UI	2,200	1,300	11,025	6,615	5,510	4,200	2,800	2,800
Vitamina D3, UI	220	150	1,765	1,215	1,015	1,600	800	640
Vitamina E, UI	16	11	85	33	28	16	11	11
Vitamina K, mg	0.5	0.5	5.5	3.3	2.8	3.0	1.5	1.2
Tiamina, mg	1.0	1.0	3.5	---	---	---	---	---
Riboflavina, mg	3.5	2	13.0	5.7	4.9	8.0	4.0	3.0
Piridoxina, mg	7	1.0	3.5	---	---	---	---	---
Vitamina B12, µg	17.5	5.0	55.0	26.0	22.0	39.0	19.0	15.0
Niacina, mg	30	30	70	40	31	50	25	20
Ácido d-pantoténico, mg	10	7	40	20	17	28	14	11
Ácido fólico, mg	0.30	0.30	1.05	---	---	---	---	---
Biotina, mg	0.050	0.050	0.275	---	---	---	---	---

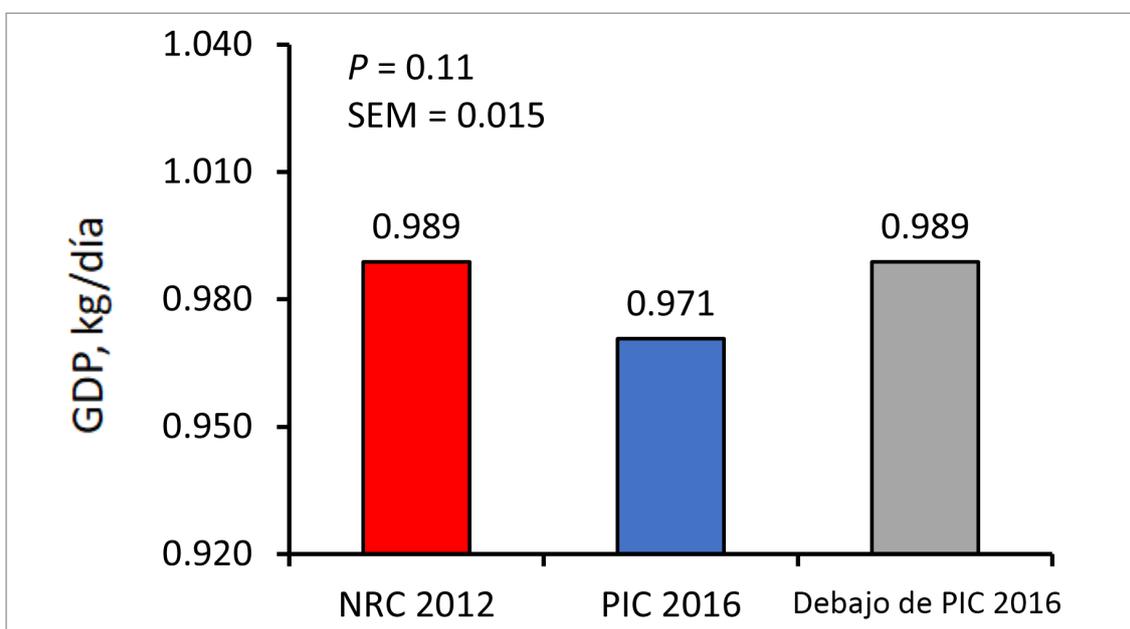
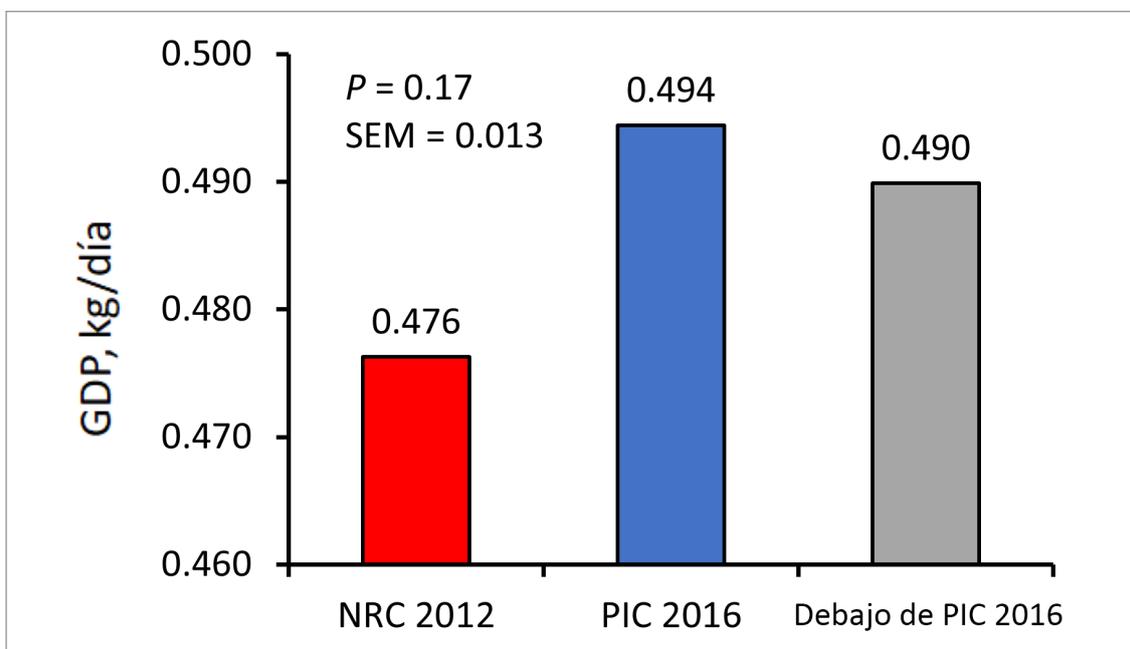


Figura E1. Efectos de las diferentes concentraciones de vitaminas añadidas en el desempeño del crecimiento de cerdos lactantes (arriba) y en crecimiento-finalización (abajo) (Thompson et al., 2020)

En los períodos de lactancia y crecimiento-finalización (de 5 a 128 kg), no hubo evidencia que mostrara diferencias en la tasa de crecimiento, consumo de alimento y eficiencia alimenticia entre tratamientos (Figura E1). Tuffo et al. (2019) reportaron resultados similares, sin mostrar diferencias en el desempeño del productivo de cerdos en crecimiento- finalización (de 16 a 125 kg) alimentados con dietas bajas o altas en niveles de vitaminas suplementadas. Además, la concentración de vitaminas añadidas en las dietas con bajo contenido de vitaminas de Tuffo, fue similar a las dietas por debajo de PIC® 2016. Por lo tanto, PIC® disminuyó las concentraciones recomendadas de vitaminas suplementadas en base a estos dos estudios recientes y ajustó las recomendaciones de minerales traza para permitir una implementación más sencilla. Si bien no hay pruebas de que hubiera diferencias con respecto a las concentraciones del NRC, recomendamos utilizar un margen de seguridad que considere las pérdidas en una amplia gama de condiciones.



Los objetivos del programa de alimentación de verracos es promover un crecimiento adecuado, maximizar el desempeño reproductivo, mantener la fortaleza estructural y mejorar la longevidad.

- Las recomendaciones de alimentación se basan en el peso corporal con ajustes en la condición corporal y el ambiente.
- La herramienta de Alimentación Óptima de Verracos PIC® calcula los niveles recomendados de nutrientes durante la cuarentena y la producción.
- El manejo adecuado del alimento es una parte clave para el éxito del programa de alimentación del verraco.

## Alimentación del verraco

Los verracos no solo son una fuente de mejoramiento genético, sino que también influyen en la tasa de maternidad y el tamaño de la camada. Representan una pequeña parte de la población, y las investigaciones sobre recomendaciones específicas nutricionales en las dietas son relativamente escasas. La alimentación del verraco representa un pequeño porcentaje del alimento total necesario en un sistema de producción. Poco se sabe de las necesidades precisas de nutrientes del verraco. Por lo tanto, se proporcionan muchas vitaminas y minerales con un gran margen de seguridad. Hay que ser precavido, porque los excesos también pueden perjudicar el desempeño. En las tablas de especificaciones de nutrientes se encuentran las recomendaciones para verracos. Estas recomendaciones se utilizan en los sementales PIC® y se dan a modo de referencia.

La influencia que el estado nutricional de un verraco tiene en el desempeño reproductivo se mide con la libido, producción de semen, viabilidad y capacidad de fertilización de los espermatozoides (calidad del semen. Los niveles de energía y aminoácidos sugeridos se basan en la poca investigación que hay. Stevermer (1961, Kemp et al. (1989, Close y Roberts (1993 y Louis et al (1994a,b midieron los efectos de la nutrición de energía y aminoácidos en el desempeño reproductivo de verracos.

## Alimentación durante la cuarentena

Antes de poder colectar semen de los verracos nuevos, es necesario recibirlos y alojarlos en un área de cuarentena por 30 a 35 días aproximadamente, por lo general en compartimientos individuales o corrales. Durante este periodo, se debe calcular el nivel de alimentación en base al requerimiento de energía para mantenimiento y para ganancia de peso corporal (ARC, 1981; Close y Roberts, 1993. La Tabla F1 muestra los niveles de alimentación de verracos en cuarentena calculados con la herramienta de Alimentación Óptima para Verracos PIC® (Por favor [haga clic aquí](#). Los primeros días en cuarentena, el consumo de alimento será menor debido al estrés del transporte. En los primeros días después de la llegada, no alimente más de 2.3 kg; después aumente gradualmente hasta llegar al nivel de alimentación deseado hacia el final de la cuarentena.

## Alimentación durante la producción

Los niveles de consumo de alimento de los verracos maduros dependen del peso y la condición corporal. El mantenimiento, ganancia de peso corporal y la recolección y producción de semen indican el requerimiento energético del verraco el cual a su vez dicta el nivel de alimentación (ARC, 1981; Close y Roberts, 1993; Kemp et al., 1990. La Tabla F1 muestra el nivel base de alimentación recomendada para verracos en base al peso corporal y la estación. Hay que realizar ajustes a los niveles indicados en la Tabla F1 para lograr la calificación deseada de condición corporal (Levis, 1997. Se debe alimentar a los verracos delgados con medio kilogramo adicional del nivel deseado y a los gordos un cuarto de kilo menos del nivel deseado, como se muestra en la Tabla F1. La temperatura termoneutral de un verraco adulto es de 17°C (Stähr et al., 2009). Ajuste el alimento para compensar a los verracos alojados por debajo de la temperatura termoneutral. Para más información sobre la calificación de la condición corporal, consulte las Recomendaciones de Manejo de Sementales PIC®; [haga clic aquí](#).

Tabla F1. Nivel de alimentación de verracos en cuarentena y producción<sup>a</sup>

Peso corporal, kg	Temporada cálida			Temporada fría		
	EM, Mcal/día <sup>b</sup>	EN, Mcal/día <sup>c</sup>	Nivel de alimentación, kg/día	EM, Mcal/día <sup>b</sup>	EN, Mcal/día <sup>c</sup>	Nivel de alimentación, kg/día
Cuarentenad	8.3	6.2	2.6	8.6	6.4	2.7
180	7.9	6.0	2.5	8.3	6.2	2.6
212	7.9	6.0	2.5	8.6	6.4	2.7
244	8.3	6.2	2.6	8.6	6.4	2.7
276	8.6	6.4	2.7	8.9	6.7	2.8
308	8.9	6.7	2.8	9.5	7.1	3.0
340	9.5	7.1	3.0	10.2	7.6	3.2

<sup>a</sup>Suponiendo que la temperatura ambiental en la temporada cálida es de 17°C o más, mientras que en la temporada fría es de 15°C. Basado en una densidad energética de la dieta de 3175 Kcal EM/kg.

EM = energía metabolizable; EN = energía neta.

<sup>b</sup>El requerimiento diario de EM se calcula con los modelos siguientes:

EM de mantenimiento =  $0.1832 \times (\text{peso corporal, kg})^{0.665}$ , Mcal/d

EM de crecimiento =  $4.89 \times (\text{ganancia de peso corporal al día, kg})$ , Mcal/d

EM de producción de esperma = 0.1 Mcal/d

EM por cada grado por debajo de 17°C para verracos alojados individualmente en piso con *slats*

=  $0.00382 \times (\text{peso corporal, kg})^{0.75}$ , Mcal/grado/d

EM de actividad de apareamiento =  $0.0043 \times (\text{peso corporal, kg})^{0.75}$ , Mcal/d

<sup>c</sup>Suponiendo una proporción de EN a EM de 0.75.

<sup>d</sup>El requerimiento de EM en la cuarentena solo considera la EM de mantenimiento y crecimiento.

El consumo de alimento contaminado con micotoxinas afecta negativamente el desempeño reproductivo del verraco. La alimentación de verracos mayores a los 10 meses de edad con dietas contaminadas con 0.57 ppm de zearalenona redujo el volumen de eyaculación del semen y la motilidad del esperma comparado con los que tenían alimento sin micotoxinas (Sutkevičienė et al., 2009). Además, la alimentación de dietas contaminadas con zearalenona redujo la libido en verracos jóvenes y maduros debido a una disminución de testosterona (Berger et al., 1981; Ruhr et al., 1983).

El consumo de proteína no ha mostrado efectos en la calidad del semen. Como demostraron Louis et al. (1994a, b), el bajo consumo de proteína puede resultar en la disminución de libido y volumen de semen. (1994a, b). De acuerdo con Kemp et al. (1988), el incremento en los niveles de proteína de la dieta por arriba de los niveles para cerdas gestantes (14.5% PC con 0.68% de lisina) no benefició la producción de esperma. En general, la alimentación de 0.62% de lisina DIE parece ser suficiente para soportar el desempeño reproductivo del verraco adulto. En los verracos más jóvenes (< 11 meses de edad) quizá sea posible mejorar su desempeño reproductivo con niveles más altos de lisina. Las concentraciones recomendadas de zinc en la dieta van de 100 a 150 ppm. El uso de zinc orgánico por arriba de los niveles recomendados no mejoró la cantidad ni la calidad del semen (Althouse et al., 2000). Aunque no hay datos experimentales, a menudo se añade biotina a razón de 200 o 300 mg/ton (Tokach y Goodband, 2007). Existe cierta evidencia de que 0.3 ppm de selenio orgánico puede ayudar a mantener la motilidad del esperma después de recolecciones consecutivas, ayudar a reducir los efectos negativos del almacenamiento del esperma en su motilidad y mejorar las tasas de fertilización in vitro (Speight et al., 2012).

No está claro el impacto de la superdosificación de la fitasa. En un estudio llevado a cabo por Stewart et al. (2016), reportaron que la superdosificación de fitasa (2000 FTU/kg de dieta; Quantum® Blue) resultó en un incremento del 11% en dosis de semen producidas por verraco al año. Sin embargo, en otra prueba de superdosificación de fitasa (500, 2000 y 3000 FTU/kg de la dieta; Quantum® Blue), no hubo se detectaron diferencias en el conteo total de esperma y las dosis de semen producidas (Moreira et al., 2016). Se necesitan hacer más investigaciones para validar estos resultados.



Al parecer, los ácidos grasos omega 3, como el linolénico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico tienen un efecto positivo en la calidad del semen de verracos. Se pueden metabolizar cantidades suficientes de eicosapentaenoico y docosahexaenoico del ácido linolénico. Se reportó un aumento del 11% en esperma total por eyaculación en verracos alimentados con 0.29 kg/d de un suplemento por encima del alimento con 31% de ácidos grasos omega 3 durante 16 semanas (Estienne et al., 2008). Un estudio reciente reportó el aumento marginalmente significativo de 6% de producción total de esperma en verracos alimentados con 16.3 g de un producto con 96% de betaína en los meses de verano (Cabezón et al., 2016). Otro estudio reciente indicó que la suplementación de 0.8 a 1% de L-arginina mejoró la calidad del semen y la libido durante los meses cálidos del verano (Chen et al., 2018).

Además, los verracos suplementados con 500 mg (Baumgartner, 1998) o 230 mg (Wähner et al., 2004) de L-carnitina, demostraron un aumento en el volumen y concentración de esperma. Los datos de Kozink et al. (2004) no mostraron estos efectos en verracos jóvenes. Jacyno et al. (2007) suplementaron 500 mg de L-carnitina al día y observaron mejoras en la calidad del semen relacionadas con el volumen eyaculado, concentración, anormalidades morfológicas del esperma y actividad del aspartato aminotransferasa. Con esto se garantiza que se hagan más investigaciones que validen estos hallazgos.

### **Nivel de alimentación óptimo de verracos PIC®**

Los verracos son fuente de mejoramiento genético y su desempeño también afecta la tasa de maternidad y tamaño de la camada. Alimentarlos de acuerdo con su condición corporal es fundamental para la optimización del desempeño y la longevidad. La herramienta de Alimentación Óptima de Verracos PIC® calcula los niveles de alimentación óptimos para verracos en cuarentena y producción, que equilibran el nivel energético de la dieta, peso corporal y ganancia de peso del verraco, intensidad de recolección y temperatura ambiente. Ayuda al supervisor de producción y nutriólogos a crear un programa de alimentación personalizado que coincida con la realidad de la producción. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta herramienta mediante la computadora, *smartphone* o tableta.

## Primerizas en desarrollo



Para maximizar la productividad de por vida de la hembra reproductora, los objetivos de la alimentación de las primerizas son: obtener una adecuada tasa de crecimiento, generar suficientes reservas minerales y desarrollo óseo, maduración del aparato reproductor y desarrollar una sólida estructura de pesuñas y patas.

- Los objetivos de elegibilidad para la reproducción de cerdas primerizas son:
  - Edad a la pubertad: Menos de 195 días de edad.
  - Edad: De 200 a 225 días.
  - Peso corporal: De 135 a 160 kg.
  - Estro: 2º estro (3º solo si <135 kg).
  - Ganancia diaria de peso de por vida entre 600 a 800 g/d, con mayores reservas óseas y fortificación de vitaminas específicas para la reproducción.
- Las dietas para desarrollo de primerizas deben ser diferentes que las dietas para engordar hembras de mercado.
- Estos objetivos de cerdas primerizas son importantes para mejorar la productividad de por vida y reducir el costo total del alimento.

## Objetivos para el desarrollo de cerdas primerizas

El desarrollo y manejo de las cerdas primerizas empieza en sus primeras etapas de vida y culmina cuando completan su primera lactancia (Boyd et al., 2002). Se deben tomar en cuenta múltiples factores para lograr un buen programa de desarrollo de primerizas. Los elementos clave para el éxito a largo plazo del conjunto de cerdas primerizas y la piara de cerdas son la edad en la pubertad, edad, peso y número de estros en el primer apareamiento (cuadro G1).

Las cerdas deben llegar a la pubertad antes de los 195 días de edad. El rango ideal de edad para el apareamiento es entre los 200 y 225 días, con un rango de peso corporal de 135 a 160 kg y en el segundo estro (un tercero solo si es delgada). Las cerdas primerizas por debajo de 135 kg se consideran demasiado ligeras y no se deben aparear ya que son más propensas a una menor prolificidad. Hay que evitar aparear cerdas de más de 160 kg, ya que presentan un elevado costo de mantenimiento, mayor pérdida de peso en lactancia, mayores probabilidades de problemas locomotores y una mayor tasa de descarte anticipado. Para lograr los objetivos de edad y peso de cerdas primerizas en el primer apareamiento, la ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta el primer servicio debe ser entre 600 y 800 g/día. Para consultar información más detallada, consulte las Recomendaciones de Desarrollo de Cerdas Primerizas PIC® ([haga clic aquí](#)).

**Cuadro G1. Objetivos para el desarrollo de cerdas primerizas en el primer apareamiento**

Característica	Objetivo
<b>Estros al primer servicio</b>	
Mínimo	2
<b>Peso corporal</b>	
Demasiado ligera, no aparear	< 135 kg
Elegible para el apareamiento	135-160 kg
Demasiado pesada	> 160 kg
<b>GDP desde el nacimiento hasta el primer apareamiento, g/d</b>	
Mínima	600
Máxima	800
<b>Edad al primer apareamiento, días</b>	
Mínima	200
Máxima	225
<b>Edad en la pubertad, días</b>	
Menor de	195

## Recomendaciones de alimentación de cerdas primerizas

Para cumplir los objetivos de cerdas primerizas en el primer apareamiento, PIC® recomienda la alimentación *ad libitum* desde su nacimiento. La proporción de lisina a kilocalorías para primerizas en desarrollo se adopta de las recomendaciones de cerdas al mercado de PIC®. Puede usarse el nivel de energía de la dieta para regular la tasa de crecimiento. Uno de los objetivos principales para el desarrollo de primerizas es maximizar la mineralización ósea. Se debe alimentarlas con niveles mayores de Ca y P que a los cerdos en crecimiento-finalización (Whitney y Masker, 2010). Con base en un estudio reciente con cerdos al mercado PIC® (Vier et al., 2019b), las concentraciones de fósforo recomendadas para primerizas son aproximadamente 8% más que las de hembras para mercado para maximizar la mineralización ósea.

A manera de resumen, las principales diferencias entre la dieta para primerizas en desarrollo y la dieta de hembras para mercado son:

1. Mayores niveles de Ca y P.
2. Mayores niveles de vitaminas y minerales traza.
3. Adición de vitaminas requeridas específicamente para la reproducción (piridoxina, ácido fólico, biotina).

Para especificaciones de nutrientes más detalladas de cerdas primerizas en desarrollo, consulte la sección N: Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas en desarrollo (base húmeda).

Los poricultores sin la capacidad de producir alimentos especializados para primerizas en desarrollo pueden aprovechar las dietas existentes para reducir los tipos de dietas. El cuadro G2 ejemplifica las opciones de programas de alimentación de cerdas primerizas en desarrollo.

**Cuadro G2. Ejemplos de programas de alimentación para cerdas primerizas en desarrollo**

Peso corporal de las primerizas en desarrollo, kg		
de 23 a 60	de 60 a 90	de 90 a apareamiento
Utilice la dieta específica GDU <sup>a</sup> , la dieta comercial o la dieta de lactancia.	Utilice dietas específicas GDU. Es posible usar una o más dietas dentro de este rango de peso.	Utilice la dieta específica GDU o la de gestación que normalmente se usa en muchas granjas.

<sup>a</sup>GDU = Unidad de cerda primeriza en desarrollo.

Para más información sobre la manejo de cerdas primerizas en desarrollo, [haga clic aquí](#) para consultar las Recomendaciones de Manejo de Cerdas Primerizas y Multíparas de PIC®.



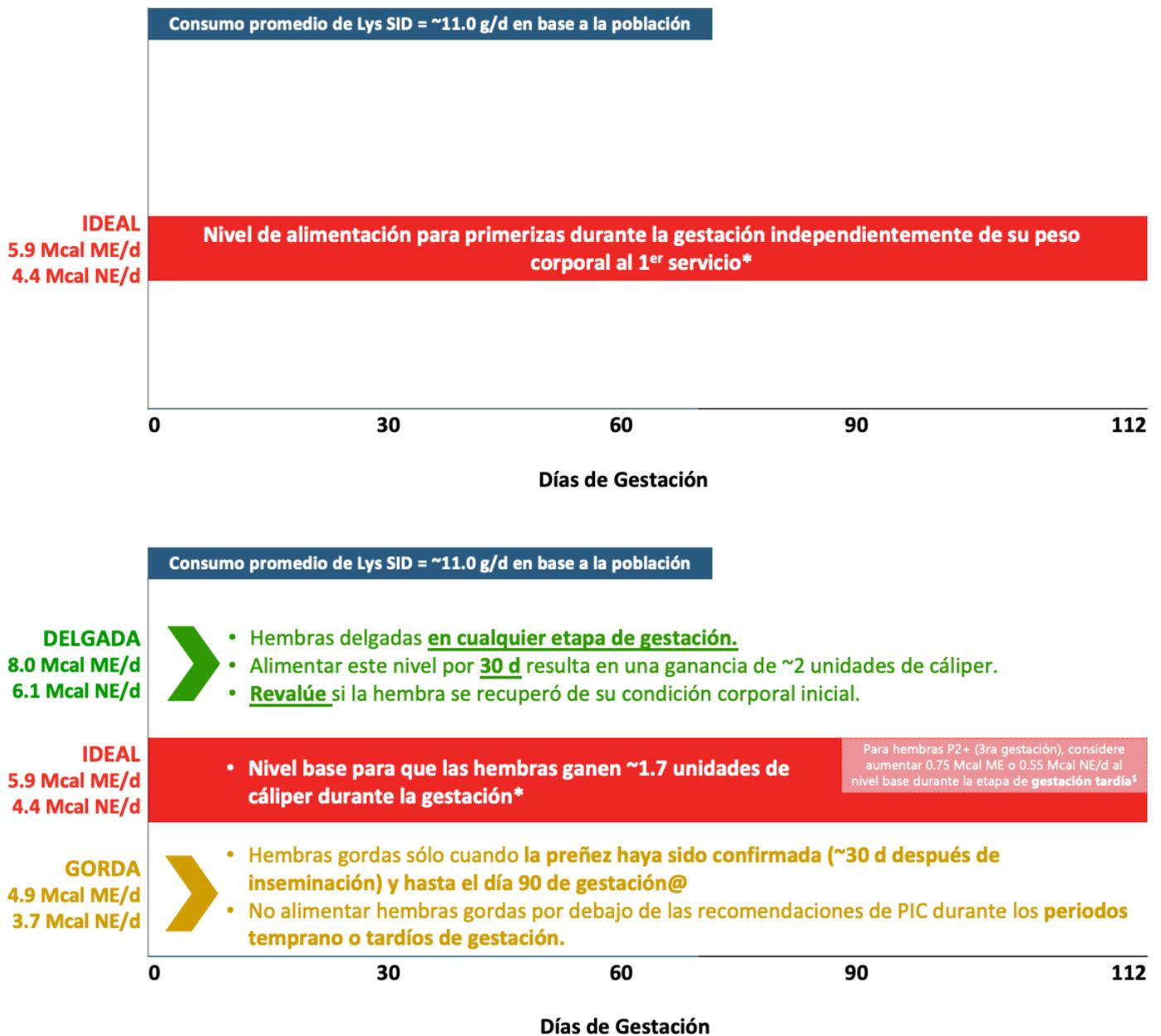


## Cerda primeriza y múltipara en gestación



Durante la gestación, el objetivo de la alimentación es el manejo de la condición corporal y el tener un suministro adecuado de nutrientes para el mantenimiento materno, crecimiento y desarrollo de la placenta, tejido mamario, útero y del producto.

- Manejo de la condición corporal:
  - La condición corporal determina los niveles de alimentación para cerdas múltiparas durante la gestación.
  - PIC no recomienda la categorización ni la alimentación en base a condición corporal en hembras primerizas.
  - Utilice un cáliper para calificar y maximizar el número de cerdas con condiciones corporales ideales en el parto.
- Gestación temprana:
  - No alimentar por debajo del mantenimiento ni más de dos veces el mantenimiento o más de 10 Mcal de EM/d.
  - En los primeros días después de alojar a las cerdas en grupos y con alimentación mediante sistemas de alimentación electrónicos, verifique el consumo individual del alimento, principalmente en cerdas primerizas y de 1 parto. En sistemas de acceso libre, identifique a las hembras menos competitivas de cada corral y cheque que su consumo de alimento diariamente.
  - Si se observan conductas agresivas después de agrupar a las cerdas, considere aumentar el alimento por animal hasta un máximo de 3 kg/d, durante no más de cinco días.
- Gestación tardía:
  - Mida la condición corporal con el cáliper, y alimente según la recomendación para cada nivel de condición corporal. Si no puede medirlo, mantenga el nivel de alimentación de los períodos anteriores.
  - Considere incrementar el nivel de alimentación base hasta 0.75 Mcal ME o 0.55 Mcal NE/d para hembras P2+ (tercera gestación o más) durante las últimas etapas de gestación, cuando son más pesadas y por lo tanto requieren más alimento para su mantenimiento.
- Periparto:
  - Administrar dietas de lactancia al mismo nivel con el que se alimentó a las cerdas durante la gestación.
  - Se ha demostrado que el incremento en la frecuencia de alimentación reduce la tasa de nacidos muertos cuando la asistencia durante el parto es limitada.



\*Además del peso, PIC no recomienda categorizar ni alimentar a primerizas en base a su condición corporal.

‡Estimado en base a cerdas con peso de 200 kg.

§La mayoría de hembras P2+ pesarán >200kg, y los animales en etapas tardías de gestación representant los pesos más pesados de la granja.

@Es muy difícil ajustar la condición corporal de las hembras gordas durante la gestación.

El cambio de la calificación estimada del cáliper se basa en una granja de cerdas suponiendo un peso corporal promedio de 200 kg. Knauer et al. (2020) reportaron la ecuación de regresión: cambio de calificación del cáliper por día =  $1.35 \times (\text{consumo de EM, Mcal/d}) \div (\text{peso corporal, kg})^{0.75} - 0.1332$ .

**Figura H1. Recomendaciones de alimentación PIC® para primerizas y múltiparas durante la gestación**

## Manejo de la condición corporal de cerdas

- La condición corporal de las cerdas se relaciona con el desempeño reproductivo subsecuente
- Minimice el número de cerdas delgadas al parto y de cerdas gordas al destete, y maximice el número de cerdas con condición ideal al parto, tanto como sea posible.
- Utilice las recomendaciones de condición corporal para la alimentación durante la gestación

Un aspecto fundamental de una granja de cerdas de alto desempeño es el manejo adecuado de la condición corporal. El objetivo es mantener cerdas con una condición óptima y evitar tener cerdas delgadas durante el parto y cerdas gordas al destete (Figura H2). Para primerizas, PIC no recomienda categorizarlas ni alimentarlas en base a su condición corporal durante la gestación; por lo tanto, enfatizando en la importancia de cumplir con los goles de inseminación (Figura H1). Para multíparas, aunque el manejo de la condición corporal es un elemento clave para tener un proceso exitoso en la alimentación de hembras, se necesitará por lo menos un ciclo entero a través de la sala de partos para que la granja llegue a la condición corporal ideal. El programa de alimentación debe ser implementado de forma gradual para evitar cambios súbitos de condición corporal durante la gestación.

Hay varios métodos para estimar la condición corporal de la cerda, como la calificación visual, grasa dorsal y el calíper. Para evaluar la condición corporal de las cerdas, PIC® recomienda usar el calíper. [Haga clic aquí](#) para tener acceso al material técnico más actualizado sobre la manejo de la condición corporal de cerdas.

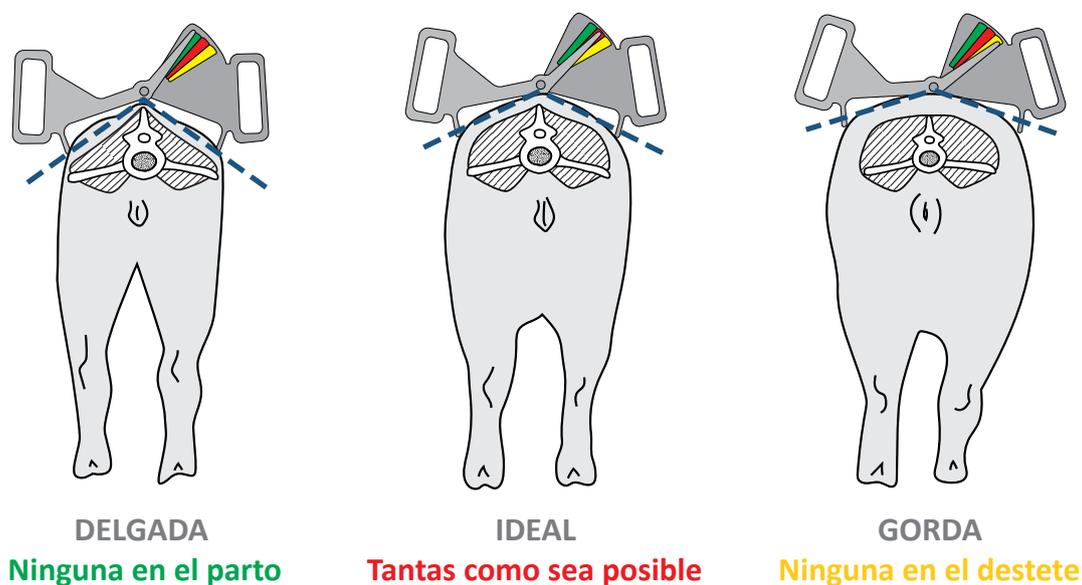
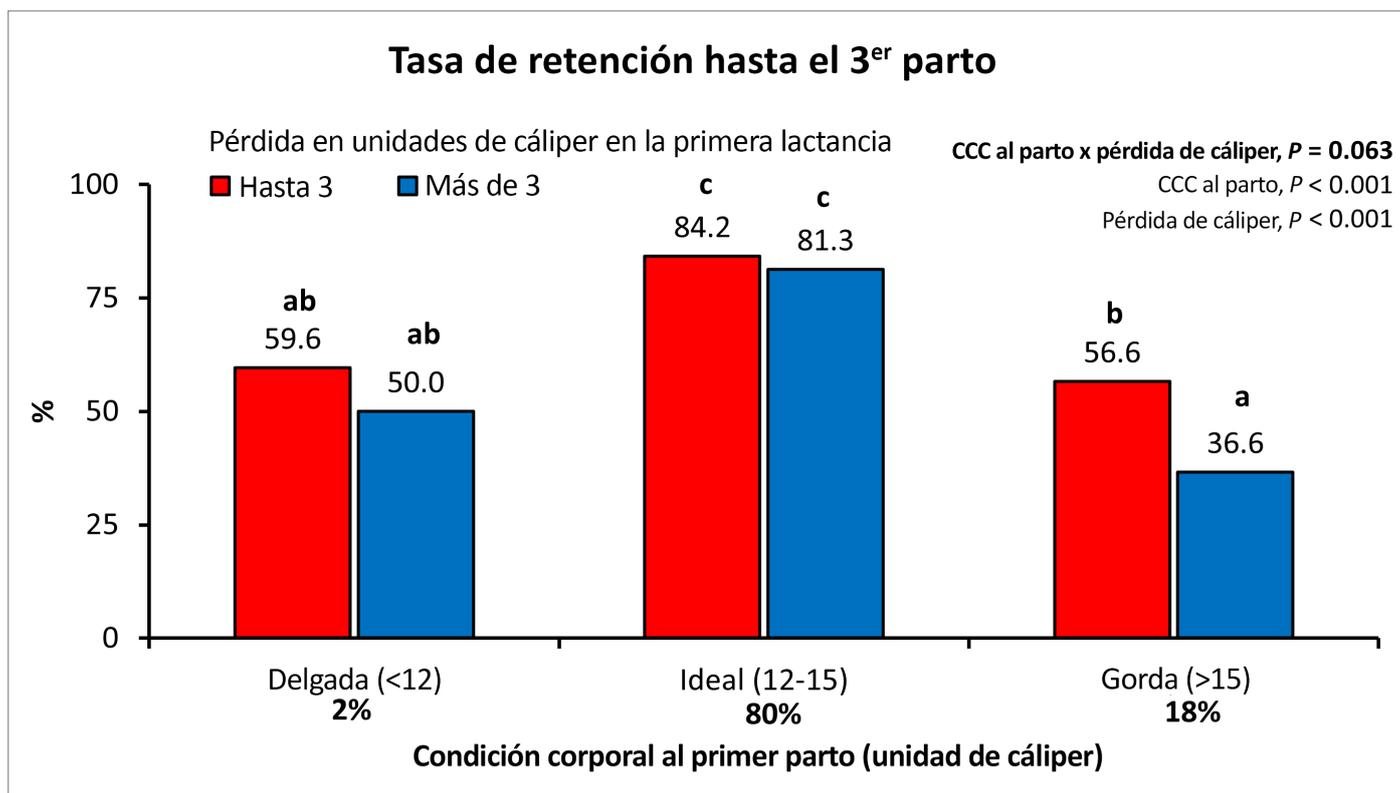


Figura H2. Medición de la condición corporal de cerdas con un calíper

En todo el mundo, es frecuente que nuestros equipos de servicio técnico observen cerdas con exceso de condición al parto. Desde el punto de vista de alimentación, las cerdas gordas son costosas, porque tienen un desempeño de lactancia menor y comprometen el desempeño subsiguiente. Si una cerda tiene exceso de condición al parto, disminuye el consumo voluntario de alimento durante la lactancia, lo cual resulta en mayor pérdida de peso corporal, menor producción de leche y potencialmente un peso menor del lechón al destete. Es probable que dicho equilibrio energético negativo durante la lactancia resulte en la consiguiente reducción del tamaño de la camada. Además, un estudio de observación con aproximadamente 4,500 primerizas indicó que la condición corporal en el primer parto y el cambio de ésta durante la primera lactancia se asocia con la longevidad (Huerta et al., 2021, Figura H3). Las primerizas en condición corporal ideal en el primer parto tuvieron mayor tasa de retención hasta el tercero, en comparación con las primerizas delgadas o gordas. En las primerizas gordas la tasa de retención disminuyó aún más, ya que durante la lactancia aumentó la pérdida de unidades del cáliper; aproximadamente 60% de las primerizas en la base de datos perdió más de 3 unidades. Esto enfatiza la importancia de mantener de forma adecuada a las primerizas y múltiparas con una condición corporal ideal para mejorar el ahorro del alimento y maximizar el desempeño reproductivo.



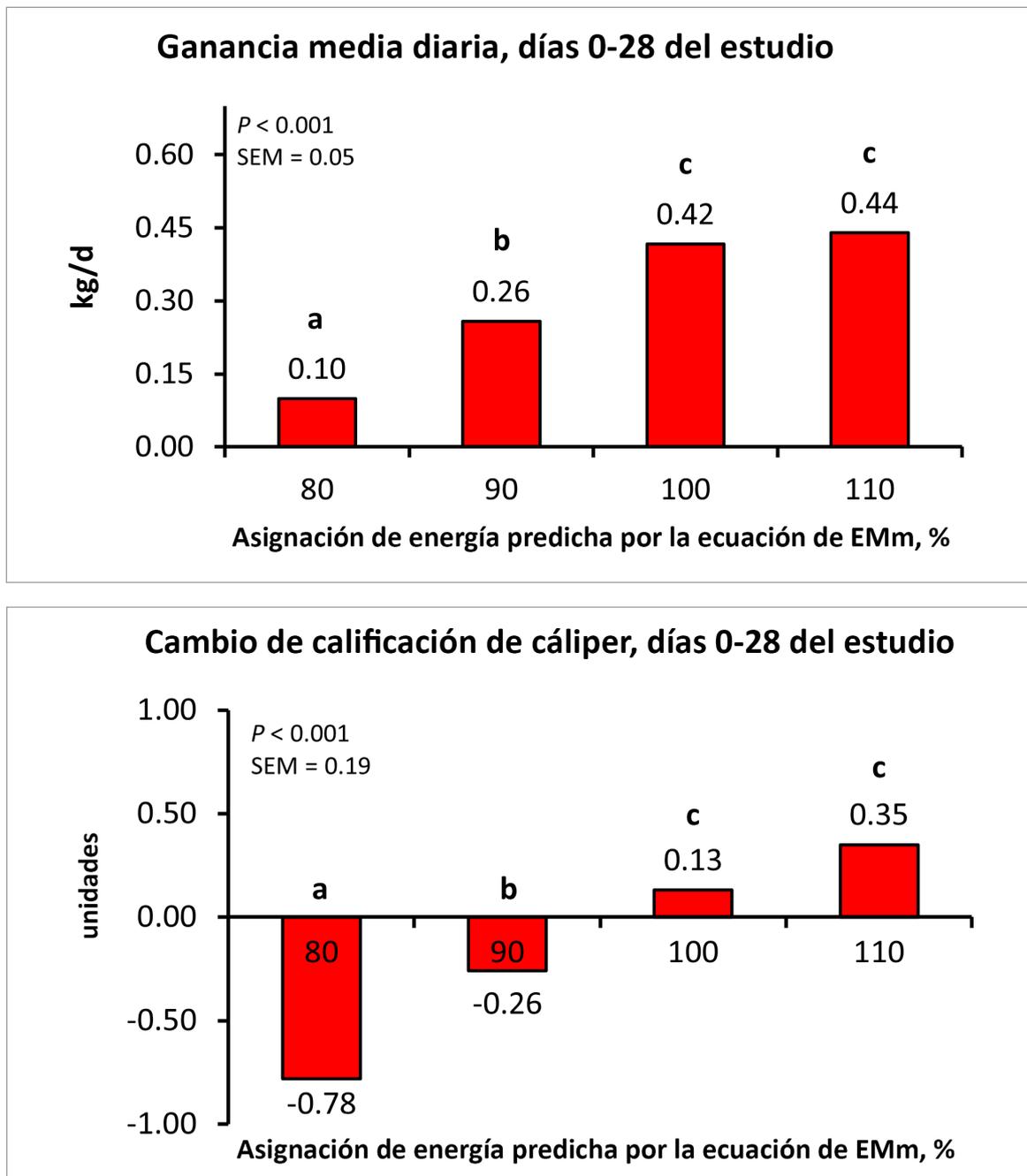
<sup>a,b,c</sup>Las medias en las barras sin un superíndice en común presentan diferencias,  $P < 0.10$ .

**Figura H3. Tasa de retención hasta el tercer parto de acuerdo con la condición corporal de las primerizas al primer parto y cambio de condición corporal durante la lactancia (Huerta et al., 2021)**

Los objetivos de reproducción de las líneas maternas PIC® han cambiado con el paso del tiempo. Además de las características de reproducción, también se incluyen en las líneas maternas aproximadamente el 40% de las características de las líneas terminales como la supervivencia y robusticidad en crecimiento-finalización, eficiencia del crecimiento y características de la canal. Como resultado, la cerda PIC® Camborough® actual es más eficiente que la de antes.

Un estudio reciente evaluó el modelo del NRC (2012) para predecir el requerimiento estándar de energía metabolizable de mantenimiento (EMm) de cerdas PIC® durante la gestación media (Knauer et al., 2020). En este estudio, se alimentaron 200 cerdas Camborough® con 80, 90, 100 o 110% de EMm, según la ecuación del NRC (2012)  $EMm, kcal/d = 100 \times (\text{peso corporal, kg})^{0.75}$ . Las cerdas iniciaron la prueba entre los días 36 y 46 posteriores al servicio y se alimentaron con una dieta a base de maíz y pasta de soya con 3,302 kcal EM/kg y 0.61% lisina DIE durante 28 días.

Los resultados mostraron que la EMm para mantener el peso y la calificación de la condición corporal de las cerdas estuvo por debajo de 80% y 98.7%, respectivamente, de los estimados de requerimientos del NRC (2012) MEm (Figura H4). Aunque las cerdas de todos los tratamientos tuvieron una ganancia diaria de peso positiva durante éste periodo, hubo un incremento en la acumulación de líquido amniótico entre los días 40 y 60 de gestación, lo que podría influir en la ganancia (Bazer et al., 2012). Los resultados mostraron que el modelo del NRC (2012) sólo sobreestima ligeramente los requerimientos de EMm de las cerdas Camborough® durante la gestación. La información obtenida en este estudio se usó para crear las recomendaciones actuales de alimentación para primerizas y múltiparas durante toda la gestación.



<sup>a,b,c</sup>Las medias en las barras sin una letra en común son diferentes, *P* < 0.05.

**Figura H4.** Ganancia diaria de peso (arriba) y cambio en la calificación del cáliper (abajo) de cerdas alimentadas con 80, 90, 100 o 110% de energía metabolizable de mantenimiento (EMm) de acuerdo con la ecuación del NRC (2012), EMm, kcal/d = 100 × (peso corporal, kg)<sup>0.75</sup>, durante 28 días a partir de entre el día 36 y 46 de gestación (Adaptado de Knauer et al., 2020)



## Alimentación al inicio de la gestación

- No alimentar por debajo del requerimiento de energía de mantenimiento.
- No alimentar más del doble del requerimiento de energía de mantenimiento o más de 10 Mcal de EM/d.

La Tabla H1 resume los efectos de diferentes niveles de alimentación durante la gestación temprana en la supervivencia embrionaria, progesterona en plasma y nacidos totales en partos subsecuentes en primerizas y multíparas de diferentes estudios. En el pasado, el alto consumo de alimento después de la reproducción se relacionaba con una supervivencia embrionaria más baja, por lo que se limitaba el consumo de alimento (Jindal et al., 1996). Por el contrario, estudios recientes han demostrado una menor supervivencia de embriones y tamaño de la camada en hembras a las que se les restringió el alimento (Athorn et al., 2013; Langendijk et al., 2017). En un estudio reciente, Mallmann et al. (2020) encontraron que las cerdas delgadas de primer parto respondieron a niveles de alimentación intermedios del día 6 al 30 de gestación (5.7 vs. 7.8 Mcal EM/d; 108 vs. 150% de mantenimiento) como lo demostró el incremento de nacidos totales. Los autores observaron una reducción de lechones en primerizas y multíparas alimentadas con más de 10 Mcal EM/d.

**Cuadro H1. Resumen de experimentos evaluando el efecto de varios niveles de alimentación durante la etapa temprana de gestación en la supervivencia embrionaria, tasa de parición, y número de nacidos totales en hembras primerizas y multíparas.**

Referencia	Días de gestación	Peso al destete o al inseminarse, kg	ME <sub>m</sub> , Mcal/d	Nivel de alimentación, kg/d		% de ME <sub>m</sub>		% de diferencia de respuestas (TRT. Comparado a CON.)		
				CON.	TRT.	CON.	TRT.	Supervivencia embrionaria	Tasa de parición	Nacidos totales
Jindal et al., 1996 <sup>a</sup>	1 – 15	116	3.52	1.91	2.59	146	200	-17.9	-	-
Wu et al., 2009 <sup>a</sup>	1 – 35	-	-	-	-	120	200	-18.7	-	-
Athorn et al., 2013 <sup>a</sup>	0 – 10	126	3.76	1.50	2.81	115	215	19.5	-	-
Langendijk et al., 2015 <sup>a</sup>	10 – 11	103	3.22	0.00	2.49	0	223	-	-	23.9
Virolainen et al., 2005 <sup>b</sup>	1 – 35	252	6.32	2.00	3.99	89	179	-34.8	-	-
Hoving, 2012 <sup>b</sup>	3 – 35	170	4.71	2.49	3.31	165	215	-	-14.7	15.2
Mallmann et al, 2020 <sup>b</sup>	6 – 30	197	5.26	1.81	2.49	108	150	-	0.9	0.0
Mallmann et al, 2020 <sup>b</sup>	6 – 30	197	5.26	1.81	3.22	108	192	-	-7.1	-7.5
Ribas et al., 2022 <sup>b,c</sup>	5 – 30	213	5.58	1.59	2.81	85	150	-	-8.4	1.9
Ribas et al., 2022 <sup>b</sup>	5 – 30	200	5.31	1.81	2.72	100	175	-	2.0	0.7
Lu et al., 2022 <sup>b</sup>	6 – 30	216	5.65	1.59	3.22	85	175	-	4.4	-2.5

<sup>a</sup>El experimento se llevó a cabo solo con hembras primerizas.

<sup>b</sup>El experimento se llevó a cabo solo con hembras multíparas.

<sup>c</sup>El experimento se llevó a cabo con hembras de líneas paternas terminales.

En alojamiento grupal con sistemas electrónicos de alimentación hay que monitorear el consumo de alimento individual de las cerdas. En especial el de primerizas y de primer parto durante los primeros días de agrupación. De forma similar, en sistemas de libre acceso, identifique y cheque diariamente a las hembras menos competitivas en cada corral cuando al momento de alimentarlas. Además, si justo después de la agrupación se observan conductas agresivas, considere incrementar el alimento por primeriza o multípara hasta un máximo de 3 kg. Diversos estudios indican que el comportamiento agresivo disminuye después de los primeros días de la agrupación. Por lo tanto, garantice un incremento en la asignación de alimento durante no más de cinco días para prevenir la ganancia de peso excesiva.

## Alimentación al final de la gestación

- Seguir alimentando de acuerdo con la condición corporal.
- Mantener el nivel de alimentación del período anterior si no se pueden obtener las lecturas del calíper.

El NRC (2012) indica que cada incremento de lechón resulta en un aumento aproximado de 0.10 y 0.35 g del requerimiento diario de lisina DIE desde el día 1 al 90 y desde el día 90 al 114 de gestación, respectivamente. Por lo tanto, los requerimientos de nutrientes no han cambiado lo suficiente como para una actualización drástica. En múltiples estudios no se consiguió aumentar el desempeño reproductivo de primerizas y múltiparas al aumentar el consumo de alimento (Ampaire y Levesque, 2016; Buis et al., 2016; Gonçalves et al., 2016b; Greiner et al., 2016; Mallmann et al., 2019). Esto parece indicar que aunque los requerimientos cambien durante la gestación, la cerda es capaz de movilizar los tejidos corporales en un rango relativamente amplio de consumo de nutrientes. Por lo tanto, con base en las realidades prácticas de la mayoría de los sistemas de producción, la alimentación de cerdas en condiciones corporales ideales con una sola dieta de gestación y una cantidad fija presenta la ventaja de ser más fáciles de manejar en la granja.

Los cuadros H2 y H3 resumen los estudios que evaluaron un mayor consumo de alimento al final de la gestación de primerizas o múltiparas. Los datos muestran un incremento de peso corporal (PC) aproximado de 7.7 y 8.9 kg, respectivamente, cuando primerizas y múltiparas se alimentan con 1 kg/d extra al final de la gestación. El efecto de dicho aumento del alimento al final de la gestación (bump feeding) en el peso al nacer del lechón fue modesto para primerizas (12 g) y mínimo para múltiparas (-1.3 g).

**Cuadro H2. Resumen descriptivo de los experimentos que evaluaron el impacto del aumento en el consumo de alimento al final de la gestación sobre la ganancia de peso corporal de las primerizas y el peso del lechón al nacer**

Referencia	Inicio, día de gestación	Camadas por tratamiento, n	Total de nacidos, n	Control, Mcal ME/día	Control, g Lisina DIE/día	Aumento en el consumo de alimento Mcal EM/día	Aumento en el consumo de alimento, g lisina DIE/día	Aumento por tratamiento	
								Ganancia de PC de la hembra, kg/kg de alimento diario extra	Peso del lechón al nacer, g
Shelton et al., 2009	90	21	14.3	6.8	11.9	9.8	17.1	6.6	86
Soto et al., 2011	100	24	12.5	7.0	9.87	12.9	18.2	NR	126
Gonçalves et al., 2016	90	371	14.2	5.9	10.7	8.9	10.7	5.6	24
Gonçalves et al., 2016	90	371	14.2	5.9	20.0	8.9	20.0	9.1	28
Greiner et al., 2016	100	65	13.4	5.9	9.0	8.8	14.0	NR	-120
Ampaire y Levesque, 2016	90	17	13.4	7.2	12.3	8.6	14.5	24	-10
Mallmann et al., 2018	90	50	14.4	5.9	11.7	7.2	14.3	6.5	6
Mallmann et al., 2019	90	243	14.1	5.9	11.5	7.6	14.7	6.4	26
Mallmann et al., 2019	90	242	14.3	5.9	11.5	9.2	17.9	8.8	-1
Mallmann et al., 2019	90	246	14.3	5.9	11.5	10.9	21.1	7.9	-11
<b>Promedio ponderado<sup>a</sup></b>	---	---	<b>13.9</b>	<b>6.0</b>	<b>12.0</b>	<b>9.3</b>	<b>16.3</b>	<b>7.7 ± 2.4</b>	<b>12 ± 36.1</b>

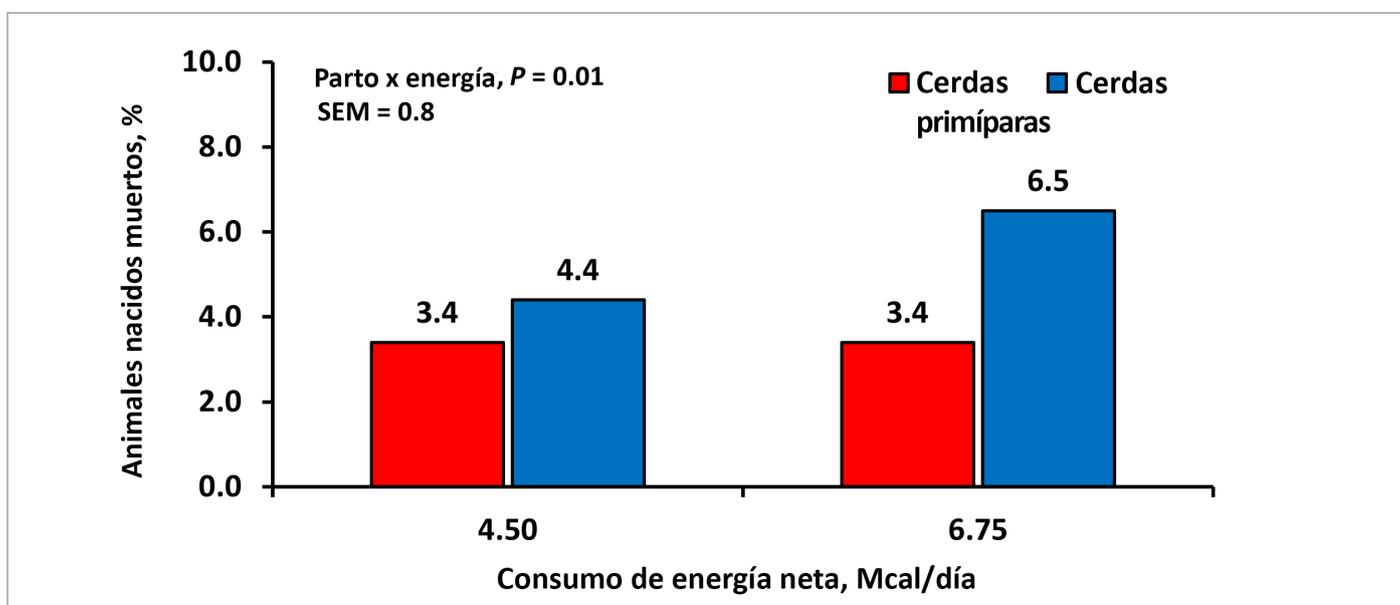


**Cuadro H3. Resumen descriptivo de los experimentos que evaluaron el impacto del aumento en el consumo de alimento al final de la gestación sobre la ganancia de peso corporal de las múltiparas y el peso del lechón al nacer**

Referencia	Inicio, día de gestación	Camadas por tratamiento, n	Total de nacidos, n	Control, Mcal ME/día	Control, g Lisina DIE/día	Aumento en el consumo de alimento Mcal EM/día	Aumento en el consumo de alimento, g lisina DIE/día	Aumento por tratamiento	
								Ganancia de PC de la hembra, kg/kg de alimento diario extra	Peso del lechón al nacer, g
Shelton et al., 2009	90	32	12.4	7.9	11.9	11.4	19.9	4.9	-109
Soto et al., 2011	100	51	12.9	7.9	11.2	13.9	19.5	NR	-69
Gonçalves et al., 2016	90	181	15.1	5.9	10.7	8.9	10.7	9.0	47
Gonçalves et al., 2016	90	181	15.3	5.9	20.0	8.9	20.0	10.8	19
Greiner et al., 2016	95	128	14.7	5.9	9.0	8.8	14.0	7.1	-40
Mallmann et al., 2018	90	221	15.4	5.9	11.7	7.2	14.3	9.0	-4
<b>Promedio ponderado<sup>a</sup></b>	---	---	<b>14.3</b>	<b>6.6</b>	<b>12.4</b>	<b>9.9</b>	<b>16.4</b>	<b>8.9 ± 1.6</b>	<b>-1.3 ± 44.2</b>

<sup>a</sup>Ponderado en base al número de camadas en cada estudio.

En 2016, PIC® dejó de recomendar el aumento del alimento al final de la gestación de múltiparas, pero no en primerizas. Según Gonçalves et al. (2016), el aumento de alimento al final de la gestación sólo dio como resultado mejoras mínimas en el peso del lechón al nacer y aumentó en 2.1% la tasa de nacidos muertos en múltiparas en comparación con las que no tuvieron dicho aumento de alimento. Sin embargo, no se observó un aumento en la tasa de nacidos muertos en primerizas (Figura H5). Además, la energía más que el consumo de aminoácidos fue el impulsor de este modesto incremento del peso al nacer de lechones PIC® (Gonçalves et al., 2016).



**Figura H5. El aumento del alimento al final de la gestación puede aumentar en 2.1% los nacidos muertos en múltiparas, pero no en primerizas (Gonçalves et al., 2016)**

Un estudio reciente con 977 primerizas con calificaciones de condición corporal entre 2.5 y 4.5 mostró que el incremento del consumo diario de alimento (1.8, 2.3, 2.8 y 3.3 kg/día; 2.50 Mcal de EN/kg y 0.64% de lisina DIE), desde el día 90 de gestación hasta el parto, aumentó marginalmente el peso al nacer de los lechones nacidos vivos (Mallmann et al., 2019). Sin embargo, el incremento del consumo diario de alimento al final de la gestación por arriba de 1.8 kg/día resultó en una tasa significativamente mayor de nacidos muertos (Tabla H4). Este estudio también mostró una disminución (lineal, P<0.05) de producción de calostro y consumo voluntario de alimento en lactancia y un aumento (lineal, P<0.05) en la pérdida de peso en lactancia con el aumento en el consumo de alimento al final de la gestación.

**Cuadro H4. Efectos del aumento de consumo de alimento durante el último tercio de gestación en el desempeño de primerizas durante la lactancia bajo condiciones comerciales<sup>1</sup>**

Variable	Consumo de alimento, kg/día				SEM	Probabilidad, P =	
	1.8	2.3	2.8	3.3		Lineal	Cuadrático
Tasa de nacidos muertos, % <sup>2</sup>	3.4a	4.6b	5.5b	4.2b	0.52	--	--
Producción de calostro, kg <sup>3</sup>	3.6	3.5	3.3	3.2	0.26	0.016	0.703
Consumo voluntario de alimento, kg/d <sup>3</sup>	4.2	4.1	3.8	3.9	0.23	0.001	0.165
Cambio de peso en la lactancia, % <sup>3</sup>	-8.1	-9.3	-11.3	-10.4	0.75	<0.001	0.169

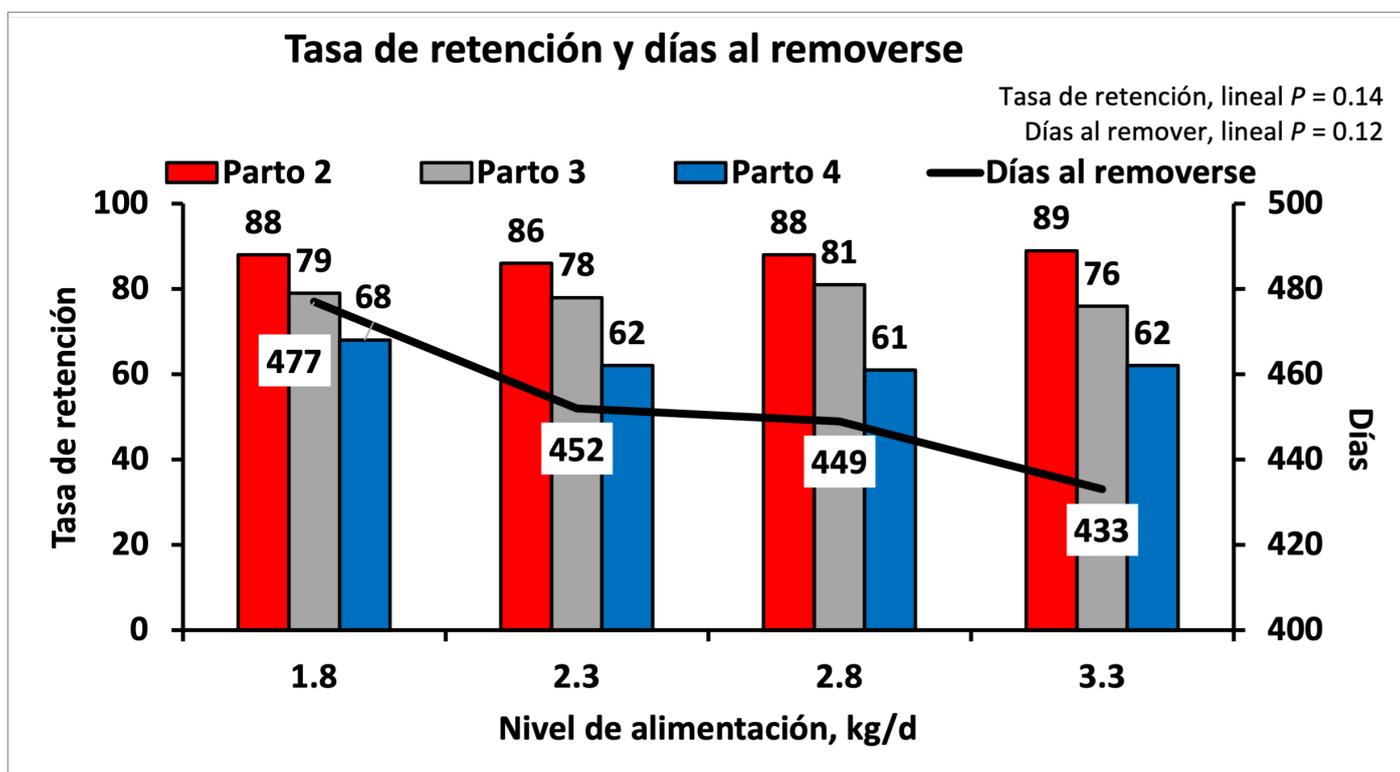
<sup>1</sup>Se usaron un total de 977 hembras (Landrace x Large White), con 244, 242, 241 y 250 hembras para los tratamientos de 1.8, 2.3, 2.8 y 3.3 kg/d, respectivamente. Cuadro adaptado de Mallmann et al., 2019.

<sup>2</sup>Sometidos a un análisis no paramétrico.

<sup>3</sup>Se usaron un total de 245 hembras (Landrace x Large White), con 61, 66, 55 y 63 hembras para los tratamientos de 1.8, 2.3, 2.8 y 3.3 kg/d, respectivamente.

<sup>a,b</sup>Medias con diferentes superíndices difieren dentro de la misma fila (P < 0.05).

Se siguió a estas hembras hasta el cuarto parto (Figura H6). El incremento del consumo de alimento después del día 90 de gestación en primerizas redujo numéricamente la tasa de retención hasta su cuarto parto y redujo el número de días en la granja. Por lo tanto, es posible que el aumento del alimento al final de la gestación de primerizas resulte en una mayor probabilidad de descarte anticipado, lo cual impacta negativamente la longevidad de la cerda (adaptado de Mallmann et al., 2019).



**Figura H6. Efectos del aumento de consumo de alimento en el último tercio de gestación durante el primer parto en la tasa de retención de partos subsiguientes y los días al sacrificio**

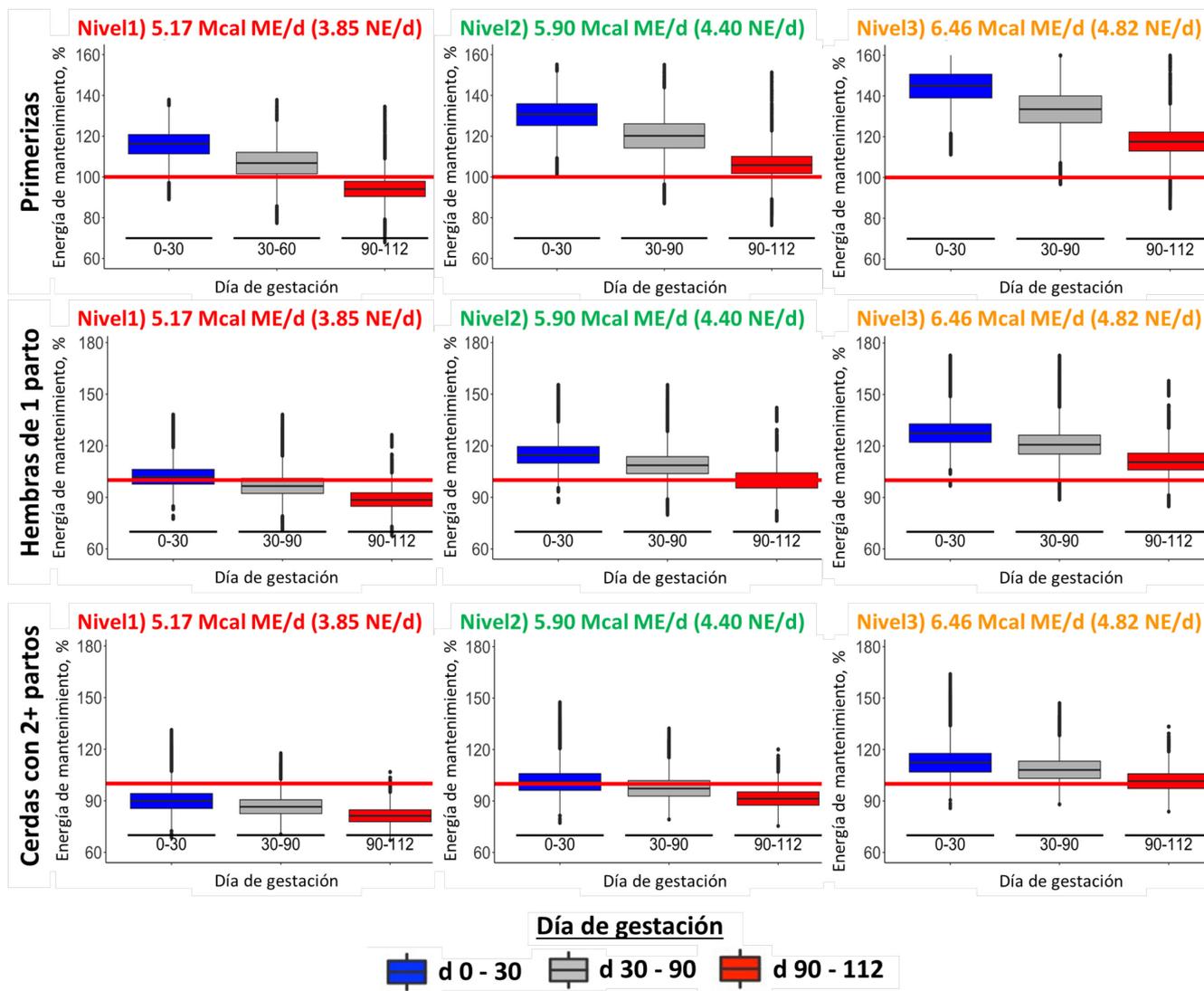
Hoy en día, PIC® no recomienda aumentar el alimento al final de la gestación de primerizas o multíparas, excepto en aquellas delgadas según la lectura del cáliper al día 90 de gestación, porque dicho aumento en alimentación resultó en una mejora marginal del peso del lechón al nacer. Desde un punto de vista práctico, esta diferencia es de poca importancia en comparación con los efectos negativos del aumento del alimento al final de la gestación sobre la tasa de nacidos muertos, consumo de alimento de lactancia y retención en la piara (Gonçalves et al., 2016; Mallmann et al., 2018, 2019). Tanto PIC®, como las universidades y los sistemas de producción de todo el mundo seguirán monitoreando los cambios de los requerimientos según el tamaño y peso de la camada.

## **Determinación de los Niveles de Alimentación para Primerizas y Multíparas de Acuerdo a su Peso Corporal Durante la Gestación**

El crecimiento y la eficiencia de las líneas maternas modernas ha sido mejorado a través de los años. Estas mejoras se traducen en primerizas y multíparas más grandes y pesadas y, consecuentemente, con mayores requerimientos de energía y mantenimiento. Dos bases de datos con 6,859 observaciones de primerizas y multíparas PIC Cambridgeshire fueron usadas para obtener el peso (en báscula) de las hembras al servicio/4 días de gestación, y a los 112 días de gestación. Se asumió que el 30% de la ganancia de peso ocurrió entre el momento del servicio y el día 60 de gestación, y que el restante 70% de ganancia de peso ocurrió entre los días 61 y 112 de gestación.

Posteriormente, se asumieron 3 diferentes niveles de consumo de energía (nivel 1 con 5.17 Mcal ME o 3.85 Mcal NE/d; nivel 2 con 5.90 Mcal ME o 4.40 Mcal NE/d; y nivel 3 con 6.46 Mcal ME o 4.82 Mcal NE/d) para estimar el porcentaje del consumo de energía relativo al requerimiento de energía para mantenimiento si fuese alimentado a las hembras durante la gestación (Figuras H7; Vier et al., 2022). El Nivel 1 tuvo como resultado 1) que las primerizas hayan sido alimentadas por debajo de sus niveles de mantenimiento del día 90 al día 112 de gestación, 2) que las hembras de paridad 1 fueran alimentadas debajo de su nivel de mantenimiento del día 30 al día 112, y 3) que las hembras de paridad 2+ hayan sido alimentadas por debajo del nivel de mantenimiento durante toda la gestación.

La alimentación con el Nivel 2 tuvo como resultado que algunas hembras primerizas, la mitad de las hembras en paridad 1, y todas las hembras en paridad 2+ hayan sido alimentadas por debajo de sus niveles de mantenimiento del día 90 al 112. La alimentación con Nivel 3 tuvo como resultado que todas las hembras primerizas y de 1 parto hayan sido alimentadas por arriba de sus niveles de mantenimiento durante toda la gestación, y que una cuarta parte de las hembras en paridad 2+ hayan sido alimentadas por debajo de sus niveles de mantenimiento del día 90 al 112 de gestación. Por lo tanto, PIC recomienda el incrementar la base de alimentación hasta por 0.75 Mcal ME o 0.55 Mcal NE/d para hembras P2+ (tercer+ gestación) durante el periodo tardío de la gestación (Figura H1).



La línea horizontal roja representa el 100% de energía para mantenimiento. Por lo tanto, las observaciones que estén arriba o debajo de la línea, indican que están arriba o debajo, respectivamente, de los niveles de energía para mantenimiento, de acuerdo con los niveles alimentados.

**Figura H7. Evaluación de Tres Niveles de Consumo de Energía para Primerizas (arriba), Hembras con 1 Parto (mitad) y Hembras con 2 o más Partos (abajo), de Acuerdo al Peso Corporal Estimado Durante la Gestación**

## Alimentación en el periparto

- Administrar la dieta de lactancia al mismo nivel con el que se alimentó previamente a las cerdas durante la gestación.
- Aumentar la frecuencia de alimentación en el periparto:
  - Puede reducir la tasa de nacidos muertos cuando es limitada la asistencia durante el parto.
  - Puede mejorar la viabilidad previa al destete.

El manejo de la alimentación durante el período previo al parto (de tres a cinco días antes del parto/después de llegar a la sala de maternidad) ha sido un área de creciente interés para los investigadores (Cools et al., 2014; Decaluwé et al., 2014). Tradicionalmente, durante este período la cantidad de alimento era baja. Cools et al. (2014) mostraron que la alimentación ad libitum antes del parto mejora el peso al destete y la tasa de crecimiento de los lechones en cerdas bien acondicionadas, pero en cerdas gordas se observaron efectos negativos. Proporcionar más alimento en este período resultó en un incremento del consumo de alimento y disminuyó la movilización de reservas corporales en la lactancia (Cools et al., 2014, Decaluwé et al., 2014). Una mayor cantidad de alimento durante el período anterior al parto benefició también la producción de calostro y su composición nutricional (Decaluwé et al., 2014).

Feyera et al. (2018) observaron que si las cerdas tienen acceso al alimento y comen 3 horas antes de parir, se reduce la duración del parto, lo cual sugiere una mayor disponibilidad de energía. Los autores también observaron que si las cerdas tienen acceso al alimento durante las 3 horas previas al inicio del parto se reduce la probabilidad de nacidos muertos. Gourley et al. (2020a) demostraron que el aumento de lisina DÍE y energía de 3 a 8 días antes del parto resulta en mayores ganancias de peso en multíparas y primerizas, y mejoró el peso al nacimiento de los lechones nacidos de primerizas. Sin embargo, en primerizas alimentadas con más lisina y energía durante un período mayor (8 días) antes del parto, se redujo la ganancia de la camada desde el segundo día e nacidos al destete. Un estudio más reciente no mostró diferencias en la tasa de nacidos muertos en cerdas alimentadas 1.8 kg/d, 2.7 kg/d o ad libitum desde el día 112 de gestación hasta el parto (Harper et al., 2021). Algunos veterinarios y nutriólogos tienen la teoría de que proporcionar alimento ad libitum antes del parto aumenta el riesgo de prolapsos uterinos y rectales en granjas con demasiadas cerdas gordas y a las que se les induce el parto. Almond et al. (2006) tienen la teoría de que las cerdas gordas podrían tener un tono muscular uterino débil y mayor distocia. Este es otro motivo por el que advertimos sobre la alimentación ad libitum muy pronto o en granjas demasiado condicionadas.

Junto con el aumento de los niveles de alimento, se reportó que la mayor frecuencia de alimentación durante el periparto mejora la supervivencia pre-destete (Gourley et al., 2020b) y reduce la tasa de nacidos muertos si la asistencia durante el parto es limitada (Miller y Kellner, 2020).

### Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC®

Las hembras PIC® son prolíficas y eficientes— la subalimentación o sobrealimentación resulta en un menor desempeño de la cerda y la camada. El manejo de la condición corporal es fundamental para una granja de cerdas exitosa. Lo que debe guiar al programa de alimentación es la condición corporal de la cerda. Las recomendaciones de nutrición y alimentación de PIC® durante la gestación, periparto, lactancia e intervalo del destete al estro se basan en investigaciones con experimentos a gran escala diseñados para uso comercial. La herramienta del Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC® brinda recomendaciones para la alimentación a las hembras reproductoras modernas y altamente productivas para maximizar la productividad de por vida y optimizar la rentabilidad de la granja. Esta herramienta fácil de usar, utiliza aportes sencillos en lo que respecta a los parámetros de desempeño reproductivo del usuario, programas de alimentación actuales, así como la concentración de energía y de lisina en la dieta. Esta herramienta se desarrolló para ayudar a que el gerente de producción, asesor de servicio técnico y nutriólogo:

1. generen un programa de alimentación personalizado para primerizas y multíparas con las dietas existentes;
2. evalúen las recomendaciones de nutrientes de PIC®; y
3. comparen las oportunidades de ahorro de alimento por cerda al año y rendimiento reproductivo.

[Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta aplicación con computadora, smartphone o tableta.

## Primerizas y multíparas lactantes

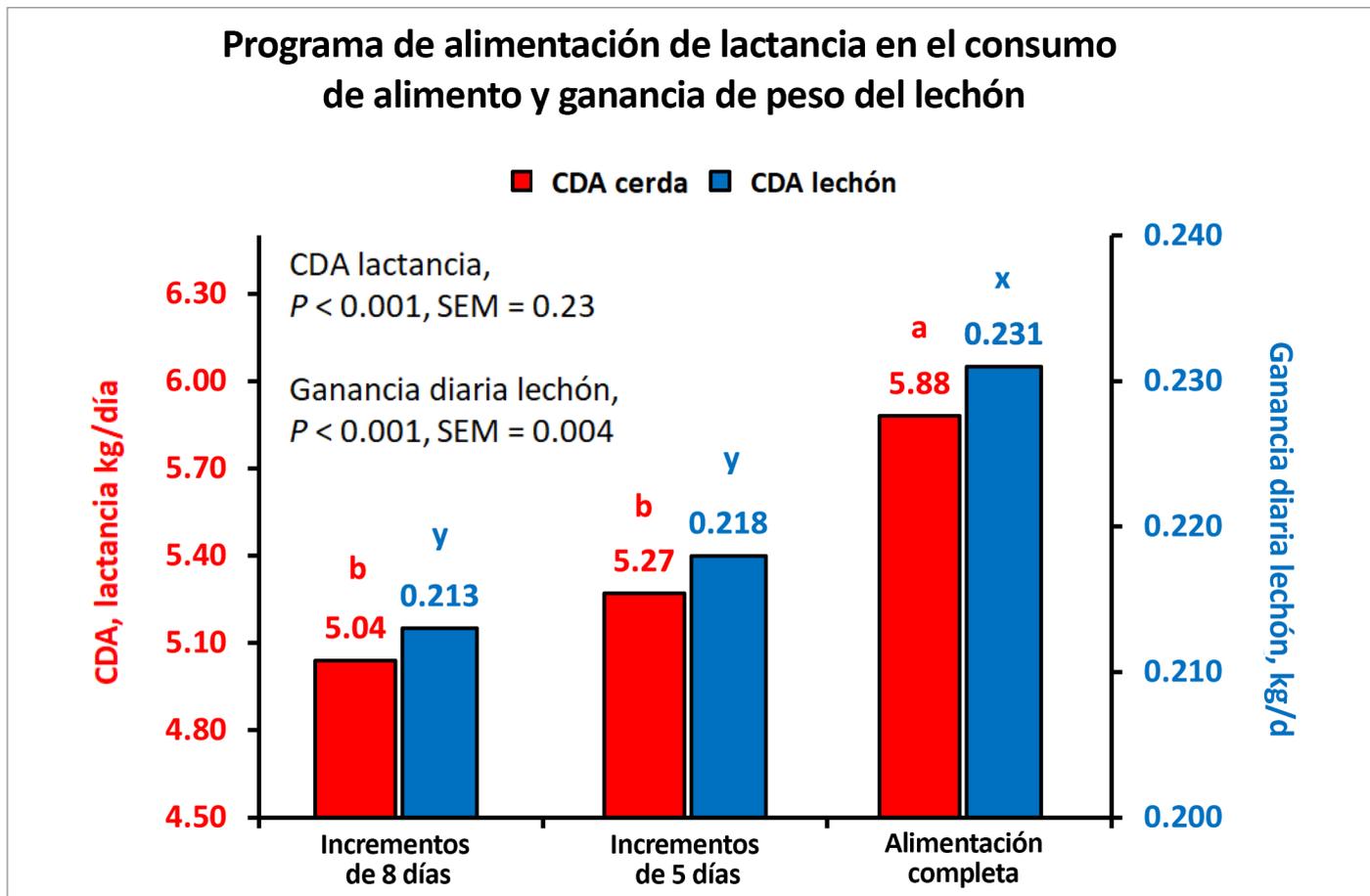


Los objetivos de la nutrición y la alimentación durante la lactancia son el garantizar que la cerda consuma suficiente energía y nutrientes diariamente para optimizar el desempeño de la camada. El adecuado consumo de nutrientes debe minimizar la pérdida de peso de la cerda y mejorar el desempeño reproductivo subsecuente.

- Es fundamental maximizar el consumo de alimento de la cerda lactante.
- Tenerla en condición corporal adecuada y que para en una sala cómoda con amplio acceso a alimento y agua será de gran ayuda para maximizar su desempeño reproductivo.
- La concentración de aminoácidos en la dieta de lactancia depende de la tasa de crecimiento de la camada y del consumo promedio de alimento de la granja.

## Programa de alimentación

La alimentación *ad libitum* de las cerdas lactantes PIC® desde el día del parto mejora el consumo de alimento, producción de la leche y peso del lechón al destete (Figura I1), y al mismo tiempo reduce la pérdida de peso corporal de la cerda en comparación con los programas de alimentación de incremento de alimento. La restricción del alimento en los primeros 5 a 8 días posteriores al parto reduce el consumo total de alimento de lactancia (datos internos PIC®, Sulabo et al., 2010).



<sup>a,b</sup>Los promedios del consumo diario de alimento en la lactancia (CDA) sin superíndice en común son diferentes,  $P < 0.05$ .

<sup>x,y</sup>Los promedios de la ganancia diaria del lechón sin superíndice en común son diferentes,  $P < 0.05$ .

<sup>1</sup>Incrementos de 8 días: la cantidad de alimento diario aumenta gradualmente de 1.8 kg el día del parto hasta la alimentación *ad libitum* 8 días después; incremento de 5 días: la cantidad de alimento diario aumenta gradualmente de 1.8 kg el día del parto hasta la alimentación *ad libitum* 5 días después; Alimentación completa: alimentación *ad libitum* desde el día del parto hasta el destete.

Figura I1. Efectos de las diferentes estrategias de alimentación durante la lactancia en el consumo de alimento de la cerda y la ganancia diaria del lechón (datos internos de PIC®)<sup>1</sup>

El alto consumo de alimento durante la lactancia reduce la pérdida de peso corporal de la cerda, aumenta la GDP del lechón y reduce el intervalo del destete al estro (cuadro I1).

**Cuadro I1. Efectos del consumo de alimento durante la lactancia en el intervalo del destete al estro, pérdida de peso corporal y ganancia diaria de peso del lechón (datos internos de PIC®)**

CDA <sup>1</sup> , kg	Lisina DIE <sup>1</sup> , g/d	Diferencia de PC de la cerda <sup>1</sup> , kg	Diferencia de PC de la cerda <sup>1</sup> , %	GDP del lechón <sup>1</sup> , kg	IDE <sup>1</sup> , d
3.18	31.5	-26.30	-5.10	0.222	6.3
4.08	42.0	-22.90	-4.81	0.231	5.0
4.99	52.5	-5.80	-1.04	0.249	4.4
5.90	63.0	8.80	2.06	0.249	4.4
6.80	73.5	24.90	5.41	0.249	4.2
8.16	84.0	29.70	6.57	0.259	4.4
9.07	94.5	26.70	5.57	0.272	4.3

<sup>1</sup>CDA = consumo diario de alimento; Lisina DIE = digestible ileal estandarizada; PC = peso corporal; GDP = ganancia diaria de peso; IDE = intervalo del destete al estro.

### Factores que influyen en el consumo de alimento de lactancia

Los factores que afectan al consumo de alimento de lactancia son:

- Ambiente
  - **Temperatura ambiental**
  - Velocidad del aire
  - Enfriamiento evaporativo
  - Humedad
  - Tasas de ventilación
- Equipo en las instalaciones
  - **Flujo del agua**
  - Diseño del comedero
  - Alimentación automatizada vs. manual
  - Superficie del piso
  - Diseño del corral de maternidad
- Consumo de alimento durante la gestación
  - **Condición corporal en el parto**
- Factores de la cerda
  - Duración de la lactancia
  - Tamaño de la camada
  - Genética
  - **Número de partos**
  - Enfermedad
- Manejo
  - **Disponibilidad del agua**
  - Frecuencia de alimentación
  - Cantidad de alimento
  - Frescura del alimento
  - Ajustes del comedero

El tener a las hembras en condiciones corporales adecuadas y que para en una sala cómoda con amplio acceso a alimento y agua, fomentará su máximo desempeño reproductivo.

### Requerimientos de aminoácidos

El mejoramiento genético de los animales PIC® ha hecho aumentar el tamaño de la camada y la producción de leche, lo cual impacta en el requerimiento de aminoácidos de la hembra lactante. Un estudio con 1,000 primerizas PIC® mostró que el incremento en el consumo diario de lisina DIE mejoró la ganancia diaria de la camada (lineal, P = 0.06), observando la mayor mejora con 42 a 59 g de consumo diario de lisina DIE (Bruder et al., 2018; Figura I2). El incremento en el consumo diario de lisina DIE mejoró marginalmente la ganancia diaria del lechón (lineal, P = 0.10) de primerizas y multíparas lactantes, con la mayor mejora observada de 42 a 57 g de consumo diario de lisina DIE (Graham et al., 2018; Figura I9). Un estudio reciente (Silva et al., 2020) con 600 cerdas multíparas lactantes (PIC® Camborough®) halló que el incremento de 0.75 a 1% en niveles de lisina DIE mejoró el peso de la camada al destete y la ganancia diaria del lechón (lineal, P < 0.05) sin importar el nivel de energía de la dieta (3.2 o 3.4 Mcal de EM/kg). A partir de los datos disponibles de los estudios antes mencionados, la recomendación actual de PIC® es el consumo diario de 56.5 g de lisina DIE en cerdas, 59 g de lisina DIE al día en primerizas (mínimo 50 g al día si se usa una sola dieta de lactancia) y 57 g de lisina DIE al día en la granja.



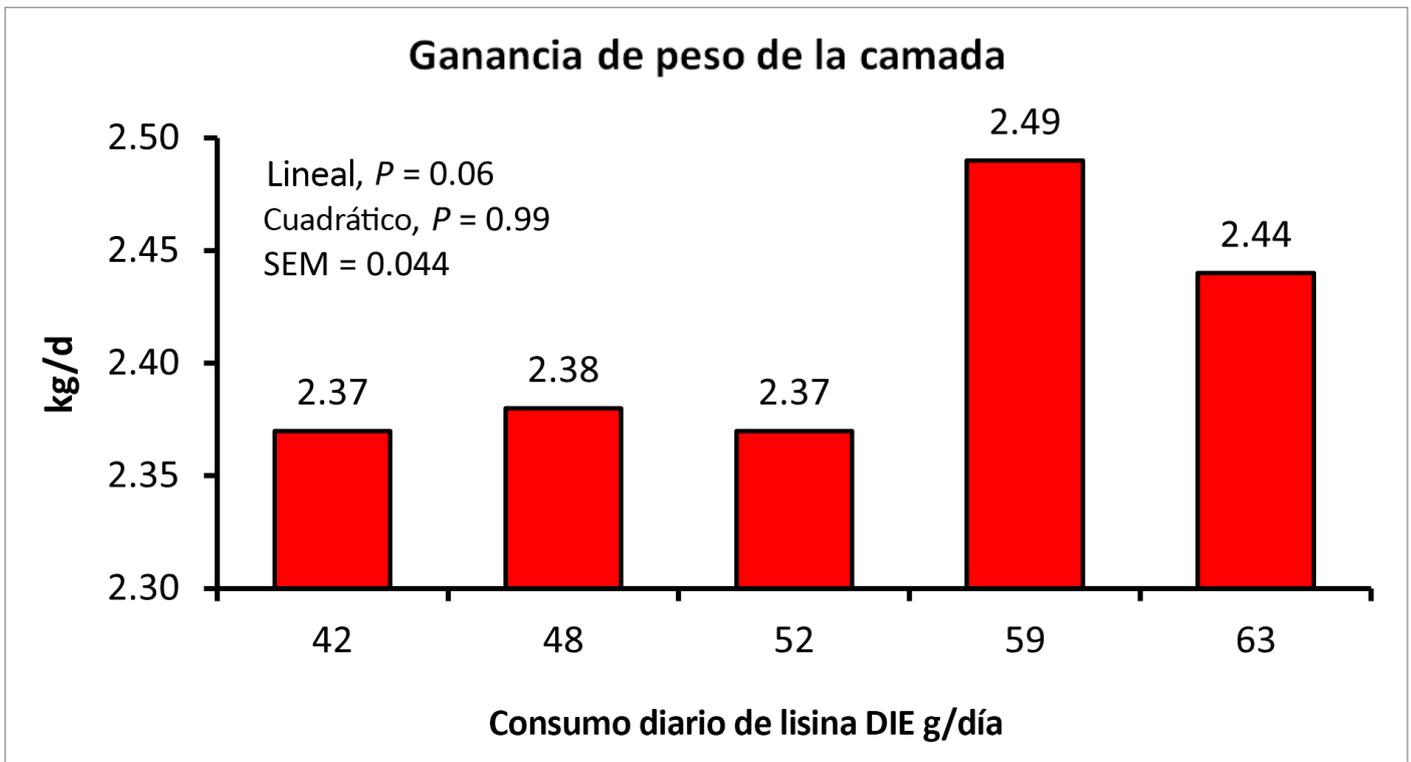


Figura 12. Efectos del consumo diario de lisina DIE en la ganancia de peso de la camada de primerizas lactantes (Bruder et al., 2018)

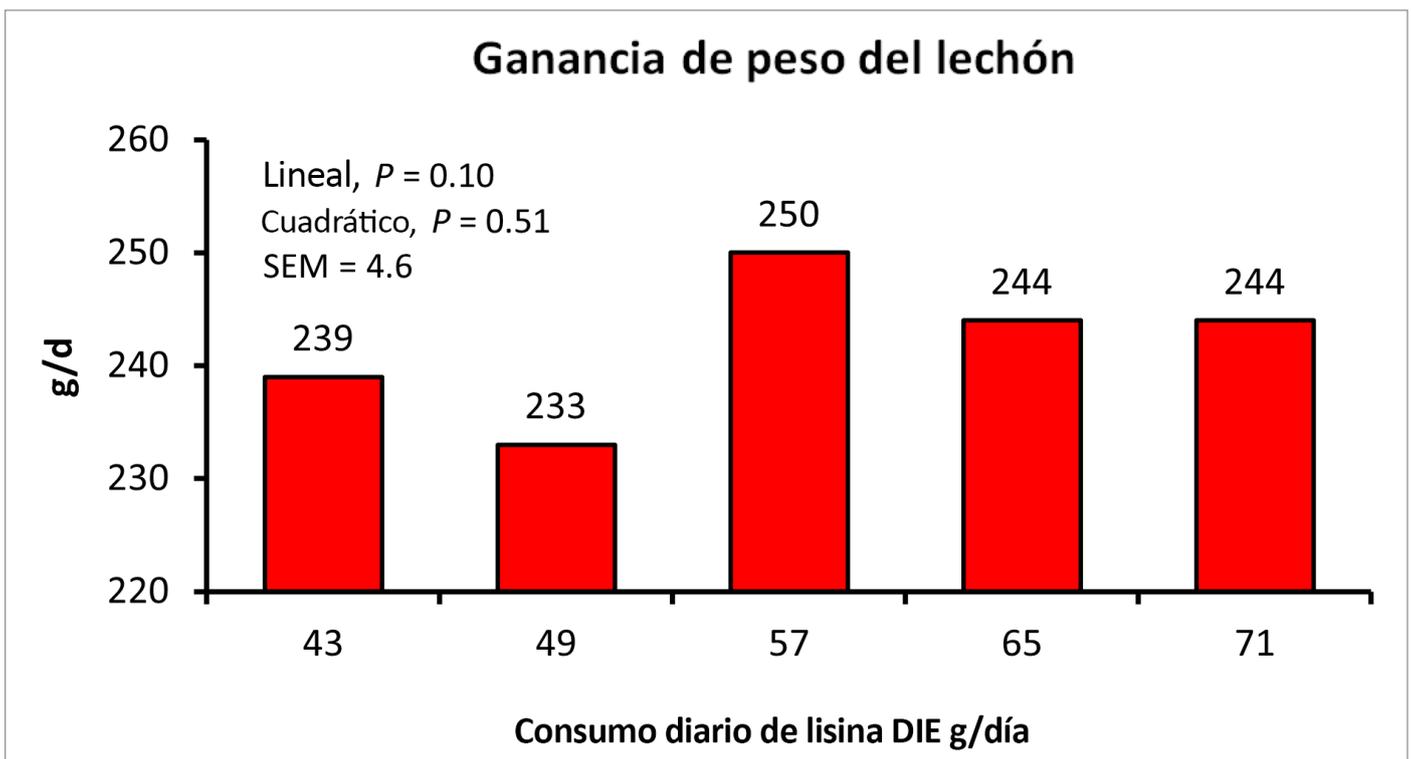


Figura 13. Efectos del consumo diario de lisina DIE en la ganancia de peso del lechón de primerizas y multíparas lactantes (Graham et al., 2018)

El nivel de lisina en la dieta durante la lactancia depende de la tasa de crecimiento de la camada y del consumo promedio de alimento de la granja. El cuadro I2 muestra cómo usar la tasa de crecimiento de la camada y el consumo de alimento de la cerda para calcular los niveles de lisina DIE en la dieta específicos para la granja. Desde el punto de vista práctico, PIC® recomienda ajustar el nivel máximo de lisina DIE de 1.30% para dietas de lactancia. Las dietas de lactancia con un contenido de pasta de soya mayor al 30% reducen el CDA (Gourley et al., 2020c).

Tabla I2. Concentraciones de lisina en la dieta (%) con base en la tasa de crecimiento de la camada y el consumo de alimento de la cerda lactante<sup>a</sup>

Tasa de crecimiento de la camada, kg/d	Consumo diario de alimento, kg/d					Lisina DIE, g/d
	4.5	5.0	5.4	5.9	6.4	
2.0	0.96	0.87	0.80	0.74	0.68	43.3
2.3	1.09	0.99	0.91	0.84	0.78	49.6
2.5	1.23	1.12	1.03	0.95	0.88	55.9
2.7	1.37b	1.25	1.14	1.05	0.98	62.1

<sup>a</sup>Adaptado de Tokach et al., (2019). La relación entre la tasa de crecimiento de la camada y las necesidades de lisina (g/d) se estableció con fundamento en los estudios publicados entre 1998 y 2017 con cerdas primíparas y múltiparas (Sauber et al., 1998; Yang et al., 2000; Xue et al., 2012; Gourley et al., 2017), suponiendo 21 días de lactancia y que el requerimiento de lisina no esté estrictamente relacionado con el consumo de energía.

<sup>b</sup>PIC® no recomienda dietas de lactancia con más de 300 kg por ton de pasta de soya o niveles de lisina DIE mayores a 1.30%.

La treonina y la valina se consideran como el segundo y tercer aminoácidos limitantes durante la lactancia (Kim et al., 2001). Greiner et al. (2017) reportaron que el incremento en la dieta de la relación de treonina a lisina DIE (52, 60, 68, 76 y 84%; n=291, PIC® Camborough®) mejoró la ganancia diaria de la camada (cuadrático, P = 0.001; Figura I4). La línea de quiebredel modelo cuadrático determinó la relación óptima de treonina a lisina DIE para el crecimiento de la camada en 65%. La relación óptima de valina a lisina DIE se evaluó con 990 cerdas PIC® Camborough® (Touchette et al., 2018). Una mayor relación de valina a lisina DIE de 58 a 93% mejoró cuadráticamente el peso del lechón al destete (P = 0.06; Figura I5). Se concluyó que es posible alimentar una relación de valina a lisina DIE de hasta el 65% sin que afecte el desempeño de la cerda o el lechón.

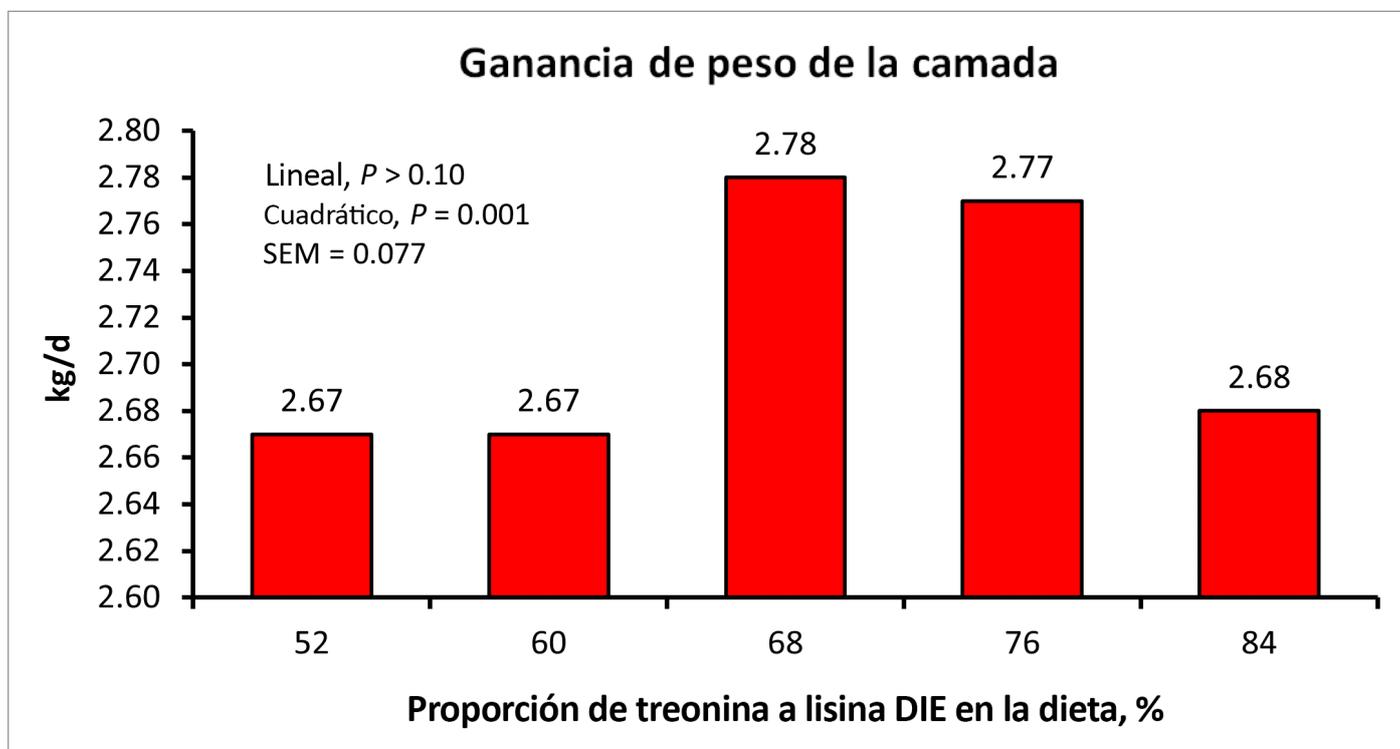


Figura I4. Efectos de las relaciones de treonina a lisina DIE en la dieta sobre la ganancia de peso de la camada de cerdas lactantes (Greiner et al., 2017)

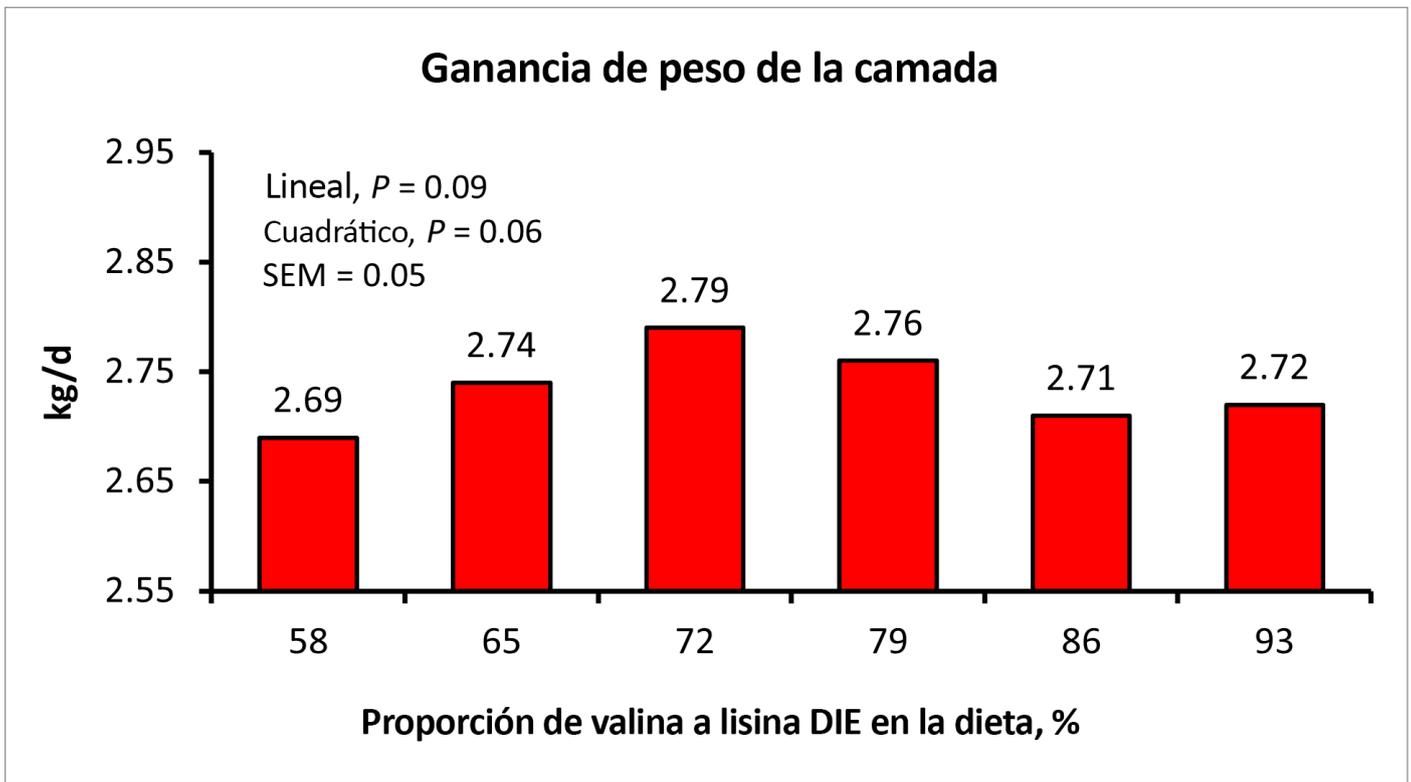
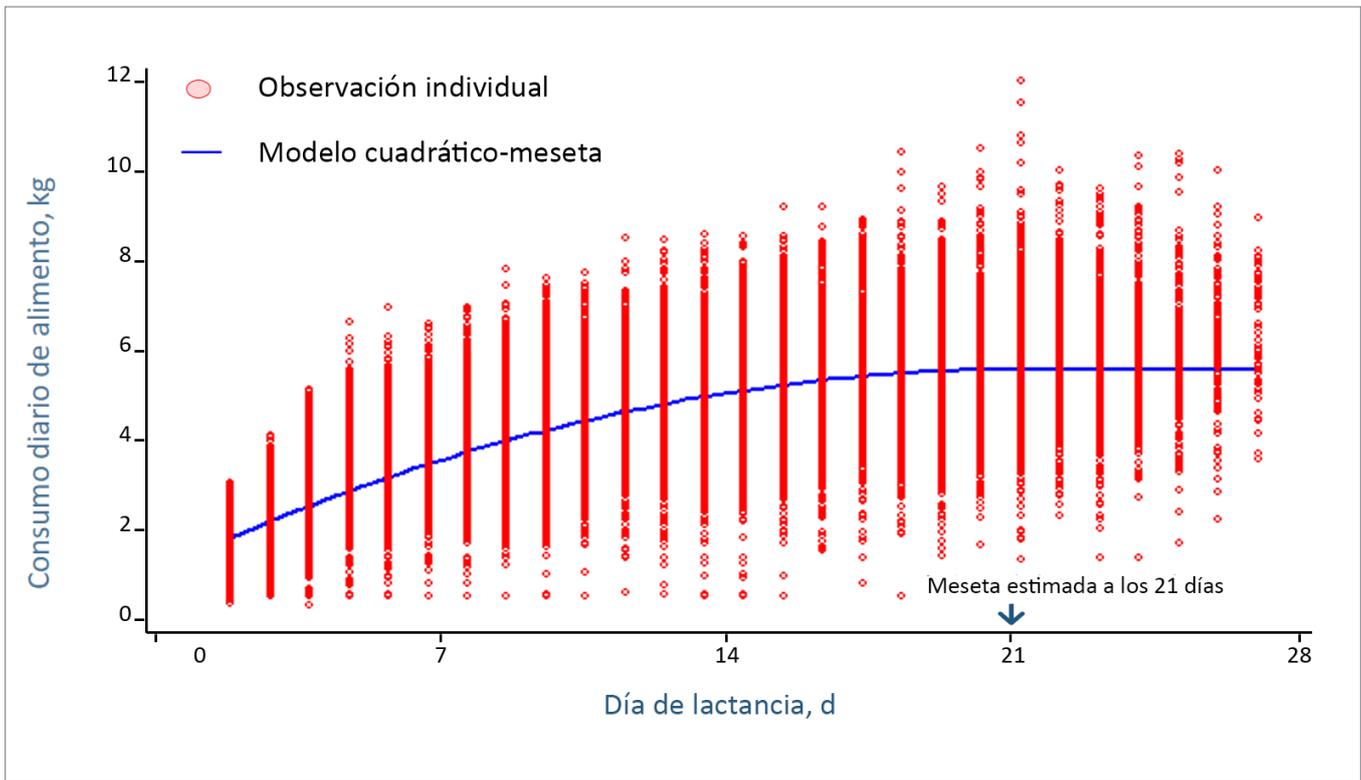


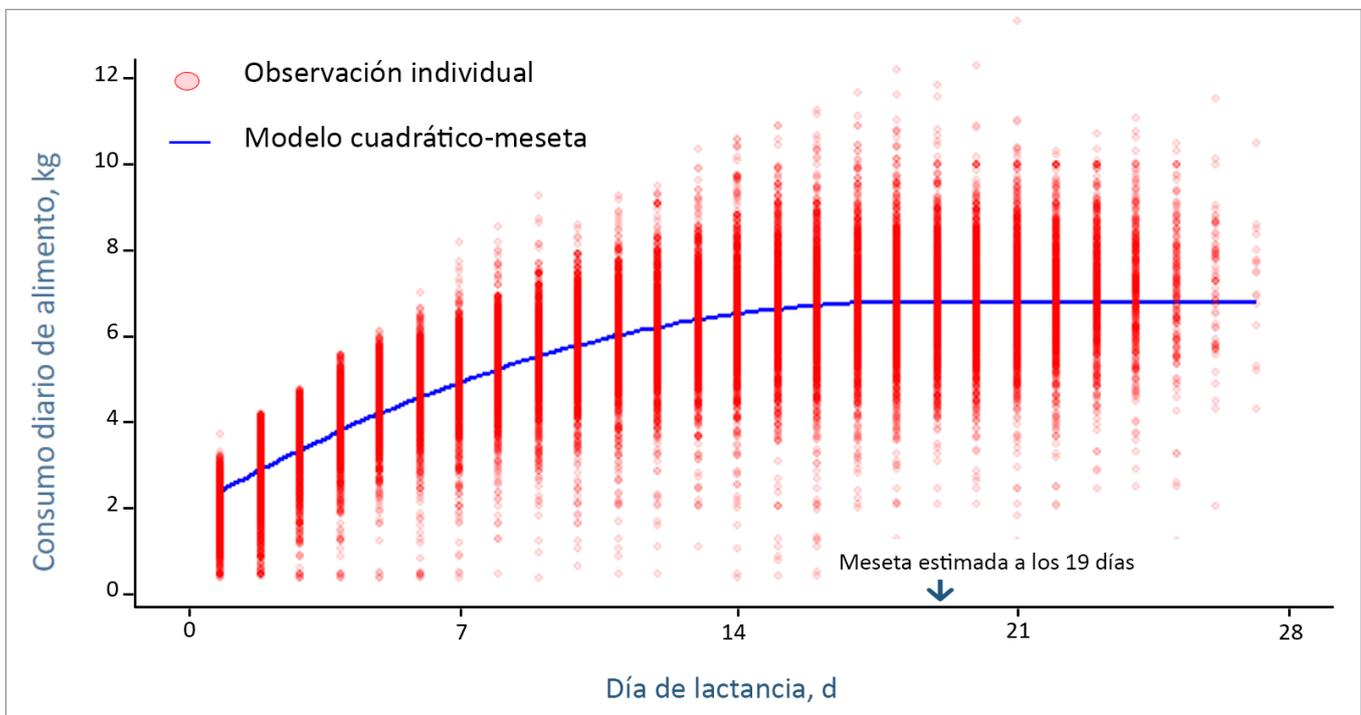
Figura 15. Efectos de las relaciones de valina a lisina DIE de la dieta en la ganancia de peso de la camada de cerdas lactantes (Touchette et al., 2018)

Se evaluó un total de 37,402 observaciones de consumo de alimento recolectadas de 405 cerdas PIC® Camborough® y 1,665 PIC® L03 de dos granjas comerciales durante un período de 10 meses y 3 años, respectivamente, para cuantificar y modelar el consumo diario de alimento de lactancia de las cerdas de parto 1 y 2+ (Figuras 16 y 17). El modelo de consumo de alimento de lactancia de las primerizas llegó a una meseta alrededor de los 21 días de lactancia y que después de ese día el CDA de la lactancia general aumentó en ~47 g diariamente. El modelo de consumo de alimento de lactancia de las cerdas de parto 2+ muestra que llegó a una meseta alrededor de los 19 días de lactancia y que después de ese día el CDA de la lactancia general aumentó en ~57 g diariamente.



<sup>a</sup>El consumo diario de alimento se calcula en función del día de lactancia. Consumo diario de alimento de las cerdas de parto 1 =  $(3.234049 + 0.949148 \times \text{día} - 0.022863 \times \text{día}^2) \div 2.204622$  (kg/d,  $R^2 = 0.53$ )

Figura 16. Consumo diario de alimento durante la lactancia de cerdas PIC® en parto 1 (Jerez et al., 2021)<sup>a</sup>



<sup>a</sup>El consumo diario de alimento se calcula en función del día de lactancia. El consumo diario de alimento de las cerdas de parto 1 =  $(3.234049 + 0.949148 \times \text{día} - 0.022863 \times \text{día}^2) \div 2.204622$  (kg/d,  $R^2 = 0.53$ )

Figura 17. Consumo diario de alimento durante la lactancia de cerdas PIC® en parto 2+ (Jerez et al., 2021)<sup>a</sup>

Para estimular el consumo hay que garantizar alimento fresco y comederos de lactancia correctamente ajustados (Figuras I8 y I9).



Figura I8. Comederos de lactancia correctamente ajustados con alimento fresco



Figura I9. Comederos de lactancia incorrectamente ajustados con alimento enmohecido

### Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC®

Uno de los puntos críticos para lograr el potencial genético de las hembras PIC® es el adecuado consumo de nutrientes durante la lactancia. La aplicación interactiva de la página web, el Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC®, evalúa la información de la dieta y producción del usuario, y brinda recomendaciones personalizadas para ayudar a que las cerdas lactantes cumplan los requerimientos diarios de nutrientes. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a esta aplicación con computadora, smartphone o tableta.

## Cerda destetada



La manejo de la alimentación de la cerda destetada se centra en iniciar la recuperación de las reservas corporales perdidas en la lactancia y en apoyar la tasa de ovulación para garantizar una camada grande en el siguiente parto.

- La nutrición y alimentación durante el intervalo de destete al estro no arregla problemas previos, tales como el sobrecondicionamiento en la gestación o un consumo deficiente en la lactancia.
- La alimentación de 2.7 kg/d de dieta de gestación para brindar 8.7 Mcal de EM y 16.0 g de lisina DIE al día es suficiente para maximizar el consiguiente desempeño reproductivo.
- Sólo se debe proporcionar alimento ad libitum a cerdas con medidas del cáliper de delgadas.
- No se debe saltar una administración de alimento (hay que pensar en las implicaciones prácticas el día de destete).
- Agrupar a las cerdas por condición corporal.
- Asegurarse de dar alimento fresco para minimizar el desperdicio y deterioro.

### Programa de alimentación durante el intervalo del destete al estro

Menegat et al. (2018) demostraron que 2.5 kg/d de dieta de gestación con 3,230 kcal EM/kg y 0.60% de lisina DIE parece bastar para cubrir los requerimientos de lisina DIE y de energía de cerdas destetadas (Figura J1). Los niveles de alimentación deben definirse por la condición corporal de la cerda destetada.

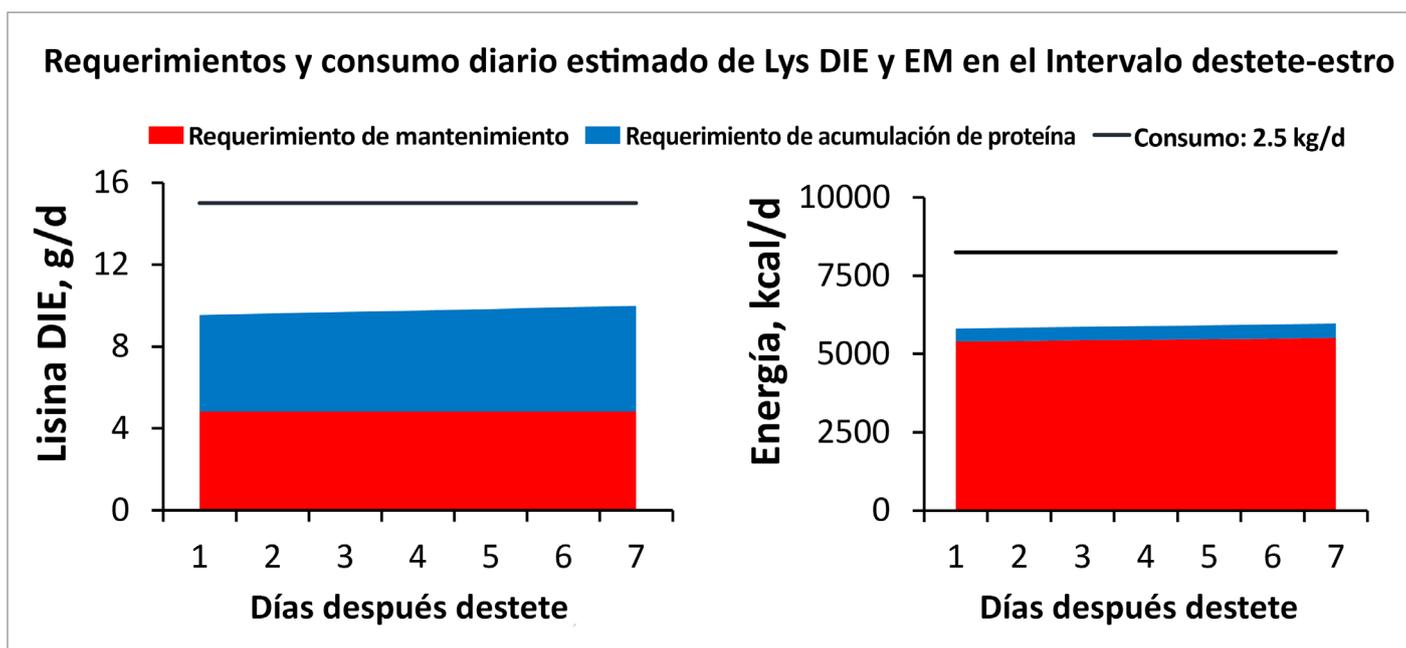


Figura J1. Estimaciones de los requerimientos diarios de lisina DIE (g/d) y EM (kcal/d) y consumo de cerdas multíparas durante el intervalo del destete al estro (adaptado de Menegat et al., 2018). Supone una ganancia de 1 kg/d y un nivel de alimentación de 2.5 kg/d del día 1 al 7 después del destete de una dieta de gestación con 3,230 kcal EM/kg y 0.60% de lisina DIE

Varios experimentos comerciales a gran escala recientes demostraron que las cerdas con una buena condición corporal no se benefician de una alta oferta de alimento durante el intervalo del destete al estro (IDE; cuadro J1). Graham et al. (2015) no reportaron diferencias de IDE, tasa de fertilidad (TF), nacidos totales (NT) y nacidos vivos (NV) al alimentar con 2.7, 3.6 y 5.5 kg/d a cerdas con calificación de condición corporal > 2.75. Almeida et al. (2017) observaron mejoras en la TF y el número de lechones NV por cada 100 cerdas inseminadas (índice de NV) al proporcionarles 3.7 kg/d comparado con 2.7 kg/d. Sin embargo, tres estudios subsiguientes no pudieron demostrar ninguna mejoría en el desempeño reproductivo al aumentar el alimento a más de 2.7 kg/d durante el IDE (Almeida et al., 2018; Gianluppi et al., 2019; Lu et al., 2021). El aumento de consumo de alimento durante el IDE ha demostrado que mejora el desempeño reproductivo de cerdas de baja condición corporal (Baidoo et al., 1992).

**Cuadro J1. Resumen de los experimentos sobre los efectos de los niveles de alimentación durante el intervalo del destete al estro en el desempeño de cerdas y lechones**

Experimento	Asignación de alimento, kg/día	Intervalo del destete al estro, días	Tasa de fertilidad, %	Nacidos totales, n	Nacidos vivos (NV), n	Índice de NV <sup>1</sup> , n
Graham et al., 2015	2.7	5.1	85.4	14.3	13.1	1,119
	3.6	5.0	87.0	13.9	12.9	1,122
	5.5	5.0	82.3	13.9	12.9	1,062
Almeida et al., 2017	2.7	NR	88.3b	14.6	13.4	1,144b
	3.7	NR	93.3a	15.0	13.7	1,262a
Almeida et al., 2018	2.6	4.2	88.1	15.1	13.8	1,219
	3.5	4.2	88.2	15.3	13.8	1,220
Gianluppi et al., 2019 – P1	2.7	5.0	92.0	14.0	13.3	1,227
	4.3	5.7	86.1	13.8	13.2	1,135
Gianluppi et al., 2019 – P2+	2.7	4.5	93.4	15.2	14.3	1,340
	4.3	4.6	92.6	15.5	14.5	1,340
Lu et al., 2021 <sup>2</sup>	3.0	4.7	97.4	15.3	14.0	1,372
	4.5	4.7	95.7	15.6	14.3	1,362

<sup>a,b</sup>Las medias con distintos superíndices dentro de una columna y experimento son diferentes,  $P < 0.05$ .

<sup>1</sup>Número de lechones nacidos vivos por cada 100 cerdas inseminadas con un cálculo como índice de NV = tasa de fertilidad, % × lechones nacidos vivos,  $n \times 100$ .

<sup>2</sup>Las cerdas del grupo control se alimentaron con 3 kg de dieta de gestación/d; las cerdas del grupo de tratamiento se alimentaron con 4.5 kg de dieta de gestación/d y 200 g de glucosa/día.

Estudios recientes no demostraron beneficios con la alimentación de una dieta de lactancia durante el IDE (Figura J2. Almeida et al., 2018; Gianluppi et al., 2019). Almeida et al., 2018; Gianluppi et al., 2019).

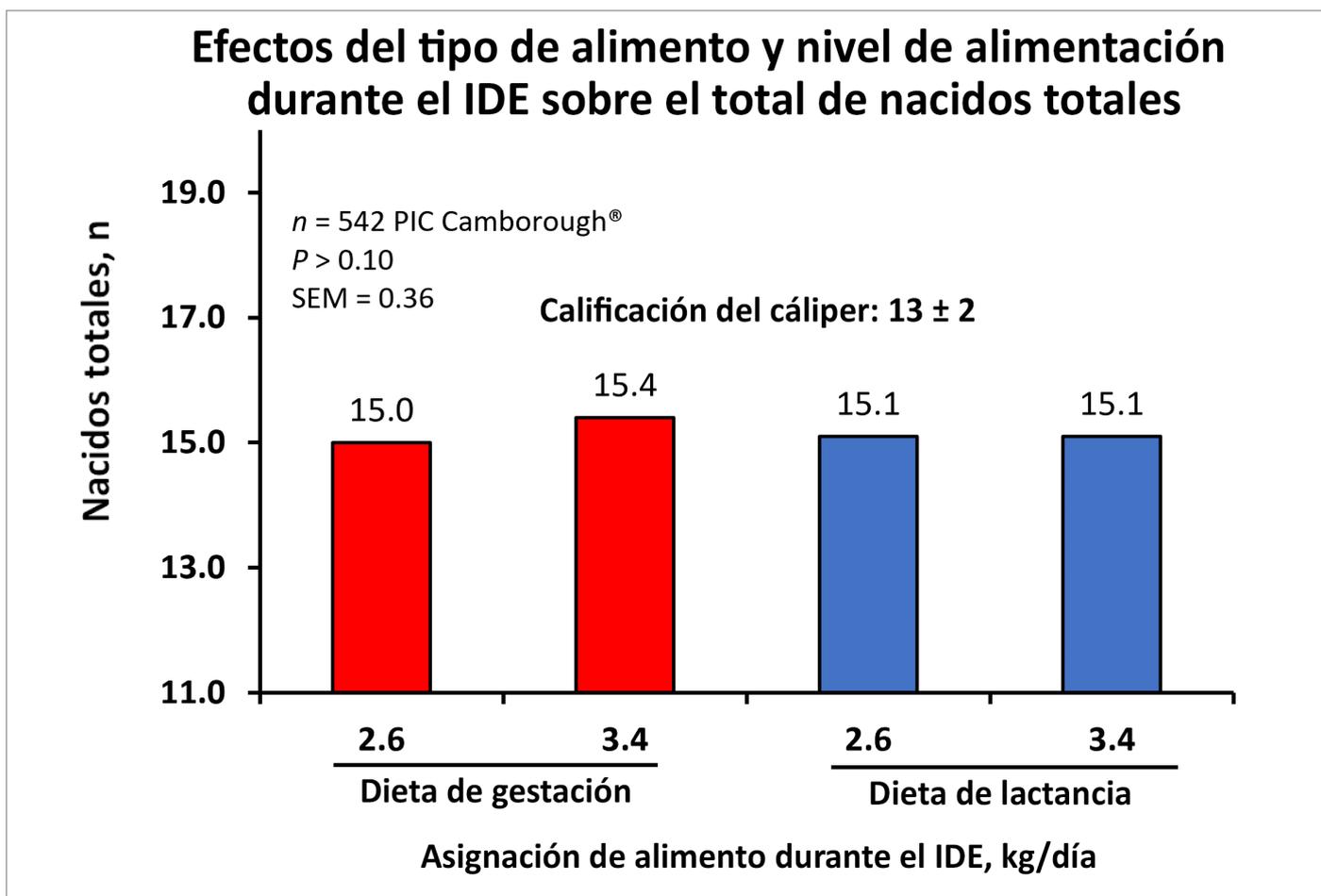


Figura J2. Número total de lechones nacidos de cerdas con buena condición corporal alimentadas con dietas de gestación o de lactancia durante el intervalo del destete al estro (Almeida et al., 2018)

PIC® recomienda la alimentación de 2.7 kg (8.7 Mcal EM/d diarios de una dieta de gestación convencional a cerdas con medición de cáliper de ideal. Proporcionar alimento ad libitum sólo a cerdas con meida de cáliper de delgadas. Evitar saltar administración de alimento el día del destete, ya que impacta negativamente la secreción de hormona luteinizante, lo cual compromete la fertilidad de la cerda. Se recomienda agrupar a las cerdas en la fila de destete de acuerdo con su condición corporal. La manejo de la alimentación de la cerda destetada requiere de un equilibrio entre dar el suficiente alimento fresco y evitar el desperdicio y deterioro. Dividir entre 2 o 3 administraciones de alimento diario de la cerda destetada.

## Cerdos destetados



El programa de nutrición en el destete se enfoca en maximizar el consumo de alimento en la primera semana posterior al destete, de preferencia con dietas altamente digestibles. El objetivo es hacer que los cerdos hagan una transición lo más rápida posible a dietas más sencillas.

- La edad de destete y el subsecuente consumo de alimento son críticos para maximizar el desempeño en la fase de destete.
- Después de los 42 días de edad no se debe alimentar con productos lácteos ni fuentes de proteínas especiales.
- En la última fase de la destete es necesario cubrir el requerimiento de lisina, ya que representa la mayor parte de crecimiento en ésta fase.
- Una proporción adecuada de aminoácidos es especialmente fundamental en las dietas formuladas en o por debajo del requerimiento de lisina DIE.
- Es recomendable seguir los requerimientos de sodio de cerdos destetados, como los recomendados por el NRC 2012. A menudo en las dietas actuales, es necesario añadir más sal para alcanzar los niveles del NRC, porque se usan fuentes alternativas de lactosa y menos proteínas animales.

## Lechones destetados

La edad al destete es un factor importante, porque impacta directamente el peso al destete, el desempeño del crecimiento posterior y la viabilidad. Los estudios acerca de la edad al destete han mostrado los beneficios de aumentar la edad para mejorar el consiguiente desempeño del crecimiento, supervivencia, función de la barrera intestinal y respuesta inmunitaria (Main et al., 2004; Moeser et al., 2007). Un cerdo destetado de mayor edad es fisiológicamente más maduro y tiene más capacidad para hacer la transición al alimento seco. Debido a la presión por reducir el uso de antibióticos en la industria porcina, cada vez será más importante la edad al destete.

Recientemente, Faccin et al. (2020) evaluaron los efectos de aumentar la edad al destete (18.5, 21.5, 24.5 días) y el uso de antibióticos en el alimento sobre el desempeño de los cerdos en un sistema de producción comercial. Los autores no observaron ninguna interacción entre los dos factores y ambos contribuyeron a mejorar el desempeño y el peso a la venta por cerdo destetado. Cada incremento de días en la edad al destete resultó en 0.70 kg adicionales por cerdo vendido.

Es fundamental maximizar el consumo de alimento del cerdo destetado, ya que el lechón depende bastante del consumo de energía. Incrementar el consumo de alimento en la primera semana después del destete aumenta el flujo del bolo alimenticio, disminuye la proliferación de bacterias en el intestino y reduce la incidencia de diarreas.

Es fundamental que inmediatamente después de la llegada a la granja, los lechones tengan acceso ad libitum al alimento y agua. Un amplio estudio epidemiológico demostró que el bajo consumo de alimento después del destete incrementa la probabilidad de desarrollar diarrea, comparado con un alto consumo de alimento (Madec et al., 1998). Por lo tanto, la edad al destete y el alto consumo de alimento posterior son fundamentales para maximizar el desempeño en la fase de destete. Para más información sobre los aspectos de manejo que mejoran el consumo de alimento después del destete, como la alimentación en tapete o papilla (húmeda), [haga clic aquí](#) para tener acceso al Manual PIC® del Destete a la Finalización.

## Alimentación en fases

Normalmente se ofrecen tres dietas durante el período del destete con base en el desarrollo del sistema digestivo del lechón. La duración de la alimentación de cada fase varía de acuerdo a la edad al destete (cuadro K1). En general, PIC® recomienda las fases de alimentación 1 y 2 en cerdos menores de 42 días de edad. Esto se debe al alto costo de los productos lácteos y proteínas especiales de las dietas de destete. El programa de alimentación de destete representa aproximadamente del 10 al 15% del costo total del alimento para producir un cerdo.

Edad al destete, días	Fase 1 Destete a ~7.5 kg		Fase 2 ~7.5 a 11.5 kg		Fase 3 11.5 a 22.5 kg	
	Duración, d	Edad de salida, día	Duración, d	Edad de salida, día	Duración, d	Edad de salida, día
de 18 a 20	8	de 26 a 28	de 14 a 16	42	21	63
de 21 a 22	7	de 28 a 29	de 13 a 14	42	21	63
de 23 a 24	6	de 29 a 30	de 12 a 13	42	21	63
de 25 a 28	5	de 30 a 33	de 9 a 12	42	21	63

<sup>1</sup>El presupuesto va a depender del consumo de alimento, el cual puede variar de acuerdo con el manejo, logística de entrega, diseño del comedero, estado de salud, etc.

## **Fase 1 – Destete a ~7.5 kg**

La alimentación de cerdos recién destetados requiere de una dieta con mayor inclusión de fuentes de carbohidratos y proteína altamente digestibles para maximizar el consumo de alimento y que al mismo tiempo se ajuste a sus capacidades digestivas. Normalmente esta dieta tiene un mayor costo por tonelada que la de las fases subsiguientes.

Los carbohidratos altamente digestibles que más comúnmente se usan son fuentes de lactosa, como lactosa cristalina, suero deshidratado y permeato de suero. Es preferible contar con altos niveles de lactosa de 14% o más, pero debido a su costo alto es necesario usarlos poco tiempo. Por lo general, es preferible el suero deshidratado que el permeato porque tiene una calidad más consistente; sin embargo, el permeato de suero de alta calidad puede ser la única fuente de lactosa. Parte de la lactosa se puede sustituir por otras fuentes de carbohidratos altamente digestibles, si se garantiza su aspecto económico y de calidad (por ejemplo, maltosa, dextrosa, maltodextrina, maíz micronizado, arroz micronizado, sémola de avena, etc.; Guo et al., 2015). Debe tenerse cuidado con la fuente de lactosa; por lo general, la opción preferida es la lactosa de grado alimenticio (Bergstrom et al., 2007).

El lechón destetado presenta una hipersensibilidad transitoria a la pasta de soya (Engle, 1994). En esta fase, el máximo práctico de pasta de soya es de 20% para ayudarlo a adaptarse a dietas más sencillas con mayor inclusión de este ingrediente en fases subsiguientes. Por lo general, las fuentes de proteína vegetal brindan la mayor parte de la proteína en las dietas de destete, pero los aminoácidos de grado alimenticio y las fuentes de proteína animal reducen la inclusión de pasta de soya en las primeras dietas de destete. Es posible usar hasta 14% de concentrado de proteína de soya e incluir de 6 a 15% de pasta de soya fermentada sin que afecte de forma adversa al crecimiento y consumo (Cho et al., 2007; Jones et al., 2010; Kim et al., 2010). No obstante, un estudio indicó un consumo general de alimento de destete marginalmente más bajo con una tasa de inclusión de 8% de pasta de soya fermentada. Para estimular el consumo de alimento se puede incluir aproximadamente de 3 a 6% de harina de pescado en las primeras dietas de destete (Jones et al., 2018). Hay que ser consciente de que la calidad de la harina de pescado varía significativamente entre las fuentes (Kim y Easter, 2001); el indicador del valor alimenticio es el contenido de minerales y grasa (por ejemplo., máximo 20% de cenizas y mínimo 7.5% de grasa).

## **Fase 2 – de ~7.5 kg a 11.5 kg**

En la fase 2 disminuye la complejidad de la dieta, con formulaciones hechas de una fuente de granos, pasta de soya y niveles más bajos de lactosa y de proteínas especiales. Por lo general, la lactosa disminuye a aproximadamente 7%, mientras que el nivel de la pasta de soya aumenta a un máximo de 28% de la dieta (Jang et al., 2019). Con una escala de disponibilidad amplia y un costo más bajo del triptofano, valina e isoleucina de grado alimenticio, en esta dieta se pueden reducir económicamente o eliminar las proteínas especiales.

## **Fase 3 – de 11.5 kg a 22.5 kg**

La dieta de la fase 3 está compuesta principalmente de una fuente de granos y pasta de soya, sin inclusión de lactosa o fuentes de proteínas especiales. Contiene ingredientes similares a las dietas de cerdos en crecimiento-finalización. Durante esta fase el potencial de crecimiento de destete es mayor, por lo que es fundamental cubrir las necesidades nutricionales, en particular de lisina.

## Otras consideraciones

A veces se piensa que la ganancia extra en el período de destete se multiplica en la finalización. La ganancia extra que se consigue a partir de intervenciones nutricionales en el destete se puede mantener hasta el crecimiento-finalización, pero es poco probable que aumente. Varios estudios han demostrado que el uso de dietas complejas aumenta el consumo de alimento y la tasa de crecimiento de los cerdos jóvenes (Wolter et al., 2003; Skinner et al., 2014; Lunedo et al., 2020). Sin embargo, el beneficio ganado en el destete no aumentó hasta la finalización (Whang et al., 2000; Wolter et al., 2003; Skinner et al., 2014).

El incremento de lisina y otros aminoácidos en las dietas de destete ha resultado en mejores tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia (Kendall et al., 2008; Jones et al., 2014). Sin embargo, las investigaciones recientes demostraron que los cerdos destetados también experimentan crecimiento compensatorio después de un período corto de deficiencia de aminoácidos (Nemecheck et al., 2018; Totafurno et al., 2019). Las implicaciones prácticas son que durante las primeras dos o tres semanas después del destete se puede disminuir la lisina en la dieta, lo cual reduce el costo del alimento y el contenido de proteína cruda en la dieta; esto podría impactar de forma positiva en la salud intestinal (Heo et al., 2009).

Las investigaciones han demostrado que se puede usar la inclusión de aminoácidos de grado alimenticio como sustituto parcial de las proteínas de especialidad, siempre y cuando la relación de lisina DIE a proteína se mantenga por debajo de 6.40 (Millet et al., 2018). En dietas formuladas en o por debajo del requerimiento de lisina DIE es particularmente crítico el uso de una relación adecuada de aminoácidos (Clark et al., 2017a).

La relación de triptofano a lisina en la dieta tiene un impacto significativo en el consumo de alimento y la tasa de crecimiento. Diferentes relaciones entre triptofano a lisina pueden tener un gran impacto en la rentabilidad de la operación dependiendo del escenario de cada sistema (tiempo fijo o peso fijo). Para ver información más detallada sobre la herramienta de relación óptima de triptofano DIE a lisina, consulte la sección A. Además de participar en la síntesis de proteína, la treonina también lo hace en la salud intestinal e inmunidad (Ruth y Field, 2013). Hay desafíos como un ambiente sucio o de salud que pueden influenciar el requerimiento de treonina. PIC® actualizó la relación de treonina a lisina en cerdos destetados con base en un estudio reciente llevado a cabo bajo condiciones comerciales (De Jong et al., 2018). Además, hay otros estudios de respuesta a la dosis que determinaron los requerimientos de aminoácidos de cerdos destetados (Gonçalves et al., 2015; Jayaraman et al., 2015; Clark et al., 2017b; Kahindi et al., 2017; Cemin et al., 2018) que se pueden usar como referencia para establecer las recomendaciones de relación de aminoácidos. Para más detalles sobre aminoácidos, consulte los capítulos A y C.

Los requerimientos de sodio (Na) de cerdos destetados de 5.5 a 6.8, de 6.8 a 11.5 y de 11.5 a 22.5 kg son 0.40, 0.35 y 0.28%, respectivamente (NRC, 2012; Shawk et al., 2018). En las dietas actuales, a menudo es necesario añadir más sal para cubrir las necesidades de Na del cerdo, debido al menor uso de pescado y proteínas animales. Rara vez la fuente de lactosa proporcionará todo el requerimiento de Na. También es importante minimizar el exceso de calcio en las dietas de cerdos jóvenes para evitar una reducción del desempeño, particularmente si los niveles de fósforo están en o por debajo de los requerimientos (González-Vega et al., 2016a,b; Merriman et al., 2017; Wu et al., 2018). Para ver más detalles sobre los requerimientos de calcio y fósforo, consulte la sección D.

## Cerdos en crecimiento-finalización



El objetivo de las dietas de crecimiento-finalización es maximizar la recuperación de la inversión.

- Las recomendaciones biológicas de PIC® de lisina y fósforo se actualizaron en base a investigaciones recientes.
- Hay nuevas herramientas para determinar los niveles de energía, lisina, triptofano y fósforo más económicos; [haga clic aquí](#) para tener acceso a ellas.
- Pruebas recientes mostraron que el exceso de leucina puede requerir ajustar las proporciones de isoleucina, valina y triptofano.
- Hay que ser proactivo con estrategias que aumenten el peso al mercado en los momentos previstos de alta rentabilidad con la herramienta de Formulación de Dietas Estacionales de PIC®.

## Formulación de dietas de crecimiento-finalización

Los pasos en la formulación de dietas de cerdos en finalización cumplen con los principios descritos en la sección A de este manual, que son:

### 1. Determinar la relación óptima de lisina:kilocalorías

La herramienta de Requerimiento biológico de lisina DIE ayuda a los usuarios a determinar el nivel de este aminoácido que maximiza la tasa de crecimiento de los cerdos dentro del rango de peso corporal dado. La actualización de la herramienta Biológica de lisina DIE de PIC® permite su uso de 11 a 150 kg. La Calculadora Económica de lisina DIE ayuda al usuario a comparar el aspecto económico de los niveles existentes con los requerimientos de lisina biológica. Para información detallada sobre la herramienta de Requerimientos de lisina DIE biológica y la Calculadora Económica de lisina DIE, consulte la Sección C.

### 2. Determinar el nivel de energía más económico

El principal costo en una dieta de crecimiento-finalización es la energía y afecta significativamente en el desempeño del crecimiento. Una óptima herramienta de EN ayuda al usuario a determinar el contenido en la dieta que rinda el mayor ingreso sobre el costo total del cerdo en vivo o en canal. Para información más detallada sobre la herramienta de energía neta óptima, consulte la Sección B.

### 3. Determinar la relación de otros aminoácidos

La relación de triptofano a lisina en la dieta tiene un impacto significativo en el consumo de alimento y la tasa de crecimiento. En función del escenario específico del sistema de tiempo o peso fijo, la variación de la relación de triptofano a lisina puede tener un gran impacto en la rentabilidad. Para información más detallada sobre la herramienta de relación de triptofano DIE a lisina óptima, consulte la Sección A.

Una práctica común para reducir el costo del alimento es el uso de subproductos fibrosos del procesamiento del maíz o trigo en las dietas de crecimiento-finalización. Sin embargo, los mayores niveles de fibra en la dieta influyen en los niveles óptimos de treonina. Mathai et al. (2016) reportaron un aumento del 66 al 71% en la relación de treonina a lisina para maximizar la GDP al aumentar de 8.3 a 16.6% los niveles de FND en la dieta de cerdos de 25 a 50 kg.

Por lo general la valina es considerado el quinto aminoácido limitante en las dietas a base de maíz-pasta de soya para cerdos en finalización (Figueroa et al., 2003). Un estudio reciente reportó que la relación de valina DIE:Lisina del 68 y 63% logró el 99% del promedio máximo la GDP y G:A en cerdos de 25 a 45 kg (Gonçalves et al., 2018).

El incremento del 100 al 300% en la relación leucina DIE a lisina en la dieta redujo linealmente la tasa de crecimiento y el consumo de alimento, y empeoró la eficiencia alimenticia (Kwon y Stein, 2019; Kwon et al., 2019). Por lo general, hay exceso de leucina en las dietas a base de maíz, debido a sus altas concentraciones en el maíz o sus subproductos. Un metanálisis de 44 estudios concluyó que la adición de valina, isoleucina y triptofano por sí solos o combinados, tiene el potencial de mitigar los efectos adversos en el desempeño del crecimiento por exceso de leucina (Cemin et al., 2019). El incremento de la relación triptofano DIE a lisina en la dieta por sí solo únicamente mitigó en parte el impacto negativo del exceso de leucina en la dieta. En la Sección R se muestra un ejemplo de ajustes en la relación de aminoácidos de cadena ramificada de acuerdo con los niveles de leucina.

En los cuadros de especificaciones de nutrientes al final de este manual se encuentran las proporciones sugeridas de aminoácidos a lisina en la dieta.

### 4. Determinar el nivel de fósforo

El fósforo es el tercer nutriente más caro de las dietas porcinas. Es necesario para el crecimiento, deposición de tejido magro y mineralización del hueso (Berndt y Kumar, 2009). La herramienta óptima P DETT determina el requerimiento biológico y ayuda al usuario a comparar el aspecto económico de sus niveles actuales con el requerimiento biológico. Para información más detallada sobre la herramienta de fósforo DETT óptimo, consulte la Sección D.

## 5. Establecer los niveles de calcio, vitaminas, minerales traza, sal y otros ingredientes

Por lo general, la relación entre el calcio y el fósforo determina el nivel de calcio en la dieta. Vier et al. (2019b) reportaron la relación de Ca analizado a P analizado que maximizó la GDP de cerdos de 26 a 127 kg fue 1.63:1 y 1.38:1, en dietas con o sin 1000 FYT/kg de fitasa, respectivamente.

Una práctica común en la industria es la adición de vitaminas en la dieta a niveles que exceden los estimados de requerimientos del NRC (2012). Hay estudios recientes que han refinado los niveles de vitaminas necesarios para el desempeño (Tuffo et al., 2019; Thompson et al., 2020). Los requerimientos de vitaminas en el cuadro de especificaciones de nutrientes de este manual se basan en los resultados de estas pruebas.

Además de los cinco pasos para la formulación de dietas de crecimiento-finalización ya mencionados, los ajustes en la formulación basados en la variación estacional del desempeño y el precio del mercado pueden ayudar a maximizar la rentabilidad. Para información más detallada sobre la herramienta de Formulación de Dietas Estacionales PIC®, consulte la sección A.

### Alimentación en fases

La alimentación en fases representa una estrategia usada normalmente en toda la industria porcina para cubrir muy de cerca los requerimientos de nutrientes de cerdos en crecimiento-finalización dentro de un rango de peso dado. Gracias a los beneficios en fabricación, entrega y logística de almacenamiento de las dietas, ha habido un interés por simplificar los programas de alimentación en fases. Dicha simplificación puede resultar en mejor eficiencia de la planta de alimentos balanceados (Moore et al., 2013).

Menegat et al. (2020a) reportaron que un programa de alimentación de una sola fase comprometió el desempeño de los cerdos en crecimiento-finalización comparado con los programas de alimentación de múltiples fases (4, 3 o 2 fases). Sin embargo, al reducir las fases de alimentación de cuatro a tres y luego a dos, se mantuvo en general el desempeño del crecimiento, características de la canal e ingresos sobre el costo del alimento (ISCA) al proporcionar 100% los niveles recomendados de PIC® de lisina DIE.

El desempeño puede verse comprometido si el peso corporal y consumo de alimento iniciales son menores de lo esperado. Otras consideraciones serían el grado de restricción de lisina DIE, la duración de la restricción, la relación entre el tiempo de restricción y el de recuperación y la suficiencia de lisina DIE en las dietas de recuperación (Menegat et al., 2020b). Las implicaciones financieras bajo diversas situaciones de producción y económicas deben dictar la implementación de menos fases.

El presupuesto del alimento balanceado se usa para corresponder de forma correcta los requerimientos del cerdo con el alimento adecuado en el momento preciso, independientemente del número de fases de alimentación. Por lo tanto, el presupuesto de alimento es una herramienta importante para reducir la probabilidad de sub o sobre estimar el aporte de nutrientes. Para ayudar a determinar la cantidad adecuada de cada alimento por cerdo de acuerdo con los niveles de energía de la dieta y fases, peso al mercado objetivo y desempeño específico del cliente, puede acceder a la herramienta de Presupuesto de Alimento de PIC® ([haga clic aquí](#)).

### Calculadora de Eficiencia Calórica Ajustada de PIC®

Hay múltiples factores que influyen en la eficiencia alimenticia de los cerdos del destete a la finalización. Los cuatro factores principales que afectan la eficiencia alimenticia son: nivel de energía de la dieta, genética, peso corporal inicial y final, y mortalidad.

Con el tiempo, la energía de la dieta puede cambiar debido a la variación del precio de los ingredientes. Es de esperarse que una modificación del uno por ciento en el nivel de energía de la dieta cambie la eficiencia alimenticia en 1% (Euken, 2012). Es importante ajustar el nivel de energía de la dieta al comparar el desempeño de finalización. La progenie de genéticas diferentes (líneas paternas) tienen tasas de crecimiento y eficiencia alimenticias diferentes. El uso de coeficientes específicos para cada línea paterna para ajustar los pesos iniciales y finales ayuda a mejorar la precisión. Es común ajustar la eficiencia alimenticia con el peso final en la fase de crecimiento y el peso inicial y final en la fase de finalización, para tener en cuenta las diferencias en eficiencia alimenticia debidas a las diferencias de peso corporal. Si se da por hecho que la mortalidad se produce en el punto medio de la fase de finalización, por cada 1% de incremento en mortalidad, la eficiencia alimenticia es 0.5 a 0.8% más baja (Tokach et al., 2014). Haga clic aquí para tener acceso a la calculadora de Eficiencia Calórica Ajustada de PIC®. Consulte la Calculadora de Eficiencia del Alimento de KSU para considerar otros factores que impacten en la eficiencia alimenticia, como la forma de la dieta, estacionalidad, temperatura y uso de ractopamina (si está permitido).



## Sección M

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para verracos (base húmeda)

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	
<b>Aminoácidos digestibles ileales estandarizados</b>		
Lisina:kilocalorías de EN	g/Mcal	2.64
Lisina:kilocalorías de EN	g/Mcal	1.95
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	70
Treonina:Lisina	Proporción	74
Triptofano:Lisina	Proporción	20
Valina:Lisina	Proporción	67
Isoleucina:Lisina	Proporción	58
Leucina:Lisina	Proporción	65
Histidina:Lisina	Proporción	30
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	114
L-Lisina-HCl, máx.b	%	0.25
<b>Minerales</b>		
P DETT:kilocalorías de ENC	g/Mcal	1.87
P DETT:kilocalorías de EMc	g/Mcal	1.38
Disp. P:kilocalorías de EN <sup>c,d</sup>	g/Mcal	1.78
Disp. P:kilocalorías de EN <sup>c,d</sup>	g/Mcal	1.31
Ca analizado:P analizado <sup>e</sup>	Proporción	1.50
Sodio <sup>f</sup>	%	0.22
Cloruro	%	0.22
<b>Minerales traza añadidos<sup>g</sup></b>		
Zinc	ppm	125
Hierro	ppm	100
Manganeso	ppm	50
Cobre	ppm	15
Yodo	ppm	0.35
Selenio <sup>h</sup>	ppm	0.30
<b>Vitaminas añadidas<sup>g,i</sup></b>		
	<b>por kg de la dieta</b>	
Vitamina A	UI/kg	9920
Vitamina D	UI/kg	1985
Vitamina E	UI/kg	66
Vitamina K	mg/kg	4.4
Colinaj	mg/kg	660
Niacina	mg/kg	44
Riboflavina	mg/kg	10
Ácido pantoténico	mg/kg	33

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	
<b>Vitaminas añadidas<sup>g,i</sup></b>		
<b>por kg de la dieta</b>		
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	37
Ácido fólico	mcg/kg	1325
Biotina	mcg/kg	220
Tiamina	mg/kg	2.2
Piridoxina	mg/kg	3.3
<b>Especificaciones recomendadas</b>		
Fibra neutrodetergente (FND), mín.	%	11
Ácido linoleico	%	1.9

<sup>a</sup>Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como lineamientos. Es necesario ajustarlos de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a la herramienta de Alimentación Óptima para Verracos de PIC® para ajustar las especificaciones de nutrientes con base en la concentración de energía de la dieta.

<sup>b</sup>La máxima inclusión de L-Lisina HCl se indica con base en dietas de maíz y pasta de soya, para usarse como una recomendación. Es posible utilizar tasas de inclusión por encima de los niveles máximos sugeridos, siempre y cuando todas las otras relaciones de aminoácidos a lisina cumplan con las recomendaciones de PIC®.

<sup>c</sup>Los valores de fósforo consideran la liberación causada por la fitasa; no obstante, es necesario que dichos valores se basen en las recomendaciones del proveedor establecidas con investigaciones científicas revisadas por expertos. P DETT = fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo. P disp. = fósforo disponible.

<sup>d</sup>Los requerimientos de P disponible se calculan como el 95% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de maíz-pasta de soya para verracos con fitasa suplementaria, con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad de P del NRC (1998 y 2012).

<sup>e</sup>Si la dieta para sementales se formula sin la inclusión de fitasa, la proporción recomendada de Ca:P analizado es de 1.25.

<sup>f</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>g</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido de los ingredientes.

<sup>h</sup>El selenio orgánico se usa normalmente en las dietas de verracos. Sin embargo, son pocas las pruebas que hay de los beneficios comparados con la suplementación inorgánica.

<sup>i</sup>El peletizado y (o) la expansión disminuye la estabilidad de la vitamina del 10 al 12% y de 15 al 20%, respectivamente. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad de vitaminas específicas bajo condiciones de peletización para que se pueda hacer una fortificación adicional conforme se necesite.

<sup>j</sup>Suponiendo que la dieta típica de maíz y pasta de soya proporciona 1325 mg por kg.

## Sección N

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas en desarrollo (base húmeda)

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg		
		de 23 a 60	de 60 a 90	de 90 a la reproducción <sup>b</sup>
<b>Aminoácidos digestibles ileales estandarizados</b>				
Lisina:kilocalorías de ENc	g/Mcal	4.29	3.46	2.51
Lisina:kilocalorías de EMc	g/Mcal	3.15	2.57	1.86
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	58	58	58
Treonina:Lisina	Proporción	65	65	66
Triptofano:Lisina	Proporción	18	18	18
Valina:Lisina	Proporción	68	68	68
Isoleucina:Lisina	Proporción	56	56	56
Leucina:Lisina	Proporción	101	101	102
Histidina:Lisina	Proporción	34	34	34
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	94	95	96
L-Lisina-HCl, máx.d	%	0.40	0.32	0.27
<b>Minerales</b>				
P DETT:kilocalorías de EN <sup>e</sup>	g/Mcal	1.64	1.37	1.09
P DETT:kilocalorías de EM <sup>e</sup>	g/Mcal	1.23	1.04	0.84
Disp. P:kilocalorías de EN <sup>e,f</sup>	g/Mcal	1.41	1.17	0.94
Disp. P:kilocalorías de EM <sup>e,f</sup>	g/Mcal	1.05	0.89	0.73
Ca analizado:P analizado, rangog	Proporción	1.25 - 1.50	1.25 - 1.50	1.25 - 1.50
Sodioh	%	0.25	0.25	0.25
Cloruro	%	0.25	0.25	0.25
<b>Minerales traza añadidos<sup>i</sup></b>				
Zinc	ppm	125	125	125
Hierro	ppm	100	100	100
Manganeso	ppm	50	50	50
Cobre	ppm	15	15	15
Yodo	ppm	0.35	0.35	0.35
Selenio	ppm	0.30	0.30	0.30
<b>Vitaminas añadidas<sup>i,j</sup></b>				
<b>por kg de la dieta</b>				
Vitamina A	UI/kg	9920	9920	9920
Vitamina D	UI/kg	1985	1985	1985
Vitamina E	UI/kg	66	66	66
Vitamina K	mg/kg	4.4	4.4	4.4
Colinak	mg/kg	660	660	660
Niacina	mg/kg	44	44	44

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg		
		de 23 a 60	de 60 a 90	de 90 a la reproducción <sup>b</sup>
<b>Vitaminas añadidas<sup>i,j</sup></b>		<b>por kg de la dieta</b>		
Riboflavina	mg/kg	9.9	9.9	9.9
Ácido pantoténico	mg/kg	33	33	33
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	37	37	37
Ácido fólico	mcg/kg	1325	1325	1325
Biotina	mcg/kg	220	220	220
Tiamina	mg/kg	2.2	2.2	2.2
Piridoxina	mg/kg	3.3	3.3	3.3

<sup>a</sup>Estas recomendaciones se basan en un programa de 3 fases de desarrollo de primerizas. Puede variar el número de fases y rangos de peso corporal. Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como recomendaciones. Es necesario ajustarlos de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a la herramienta de Recomendaciones para Primerizas en Desarrollo de PIC® para las recomendaciones de nutrientes de acuerdo con el programa de alimentación específico.

<sup>b</sup>Después de aproximadamente 90 kg de peso corporal, alimentar con una dieta de gestación para evitar tener que fabricar otra dieta especializada para el desarrollo de primerizas.

<sup>c</sup>[Haga clic aquí](#) para tener acceso a la herramienta de Recomendaciones de Nutrientes para Primerizas en Desarrollo de PIC® y obtener la proporción de lisina DIE a energía recomendada para una situación específica.

<sup>d</sup>La máxima inclusión de L-Lisina HCl se indica con base en dietas de maíz y pasta de soya, para usarse como sugerencia. Es posible utilizar tasas de inclusión por arriba de los niveles máximos sugeridos, siempre y cuando el resto de las relaciones de aminoácidos a lisina cumplan con las recomendaciones de PIC®.

<sup>e</sup>Los valores de fósforo consideran la liberación causada por la fitasa; no obstante, es necesario que dichos valores se basen en las recomendaciones del proveedor establecidas con investigaciones científicas revisadas por expertos. P DETT = fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo; P disp. = P disponible.

<sup>f</sup>Las recomendaciones de P disponible se calculan como el 86% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de maíz-pasta de soya para desarrollo de primerizas con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad de P del NRC (1998 y 2012). Por favor, consulte la herramienta de Recomendaciones de Nutrientes para Primerizas en Desarrollo de PIC® para obtener el P DETT o la relación de P disp. a energía recomendados para una situación específica.

<sup>g</sup>La relación de Ca a P analizados se determina con base en Vier et al., (2019c), considerando los niveles de P del requerimiento de PIC®.

<sup>h</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>i</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido de ingrediente. Las recomendaciones de vitaminas y minerales traza añadidos son idénticas a los niveles de múltiparas. Sin embargo, si no está disponible el nivel de vitaminas y minerales traza de múltiparas, es posible usar los niveles recomendados para cerdos comerciales en las primerizas en desarrollo de hasta 60 kg.

<sup>j</sup>El peletizado y (o) la expansión disminuye la estabilidad de las vitaminas del 10 al 12% y de 15 al 20%, respectivamente. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad de vitaminas específicas bajo condiciones de peletización para que se pueda hacer una fortificación adicional conforme se necesite.

<sup>k</sup>Suponiendo que la típica dieta de maíz y pasta de soya proporciona 1325 mg por kg.

## Sección O

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y multíparas en gestación (base húmeda)

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	EN	EM
<b>Consumo diario de energía<sup>b</sup></b>			
Cerdas gordasc	Mcal/d	3.7	4.9
Cerdas primerizas <sup>d</sup> e idealese	Mcal/d	4.4	5.9
Cerdas delgadas	Mcal/d	6.1	8.0
<b>Cambio de medidas de cáliper<sup>f</sup></b>			
Gorda, de día 30 a 90 de gestación	unidades	-0.5	
Ideal, hasta la gestación	unidades	1.7	
Delgada, durante un promedio de 30 días	unidades	2	
<b>Aminoácidos digeribles ileales estandarizados</b>			
Lisina, mín	g/d	11	
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	70	
Treonina:Lisina	Proporción	76	
Triptofano:Lisina	Proporción	19	
Valina:Lisina	Proporción	71	
Isoleucina:Lisina	Proporción	58	
Leucina:Lisina	Proporción	92	
Histidina:Lisina	Proporción	35	
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	96	
L-Lisina-HCl, máx.g	%	0.25	
<b>Minerales</b>			
P DETT:kilocalorías de ENh	g/Mcal	1.84	
P DETT:kilocalorías de EMh	g/Mcal	1.36	
Av. P disp.:kilocalorías de EN <sup>h,i</sup>	g/Mcal	1.74	
Disp. P:kilocalorías de EM <sup>h,i</sup>	g/Mcal	1.29	
Ca analizado:P analizado <sup>j</sup>	Proporción	1.50	
Sodio <sup>k</sup>	%	0.24	
Cloruro	%	0.24	
<b>Minerales traza añadidos<sup>l</sup></b>			
Zinc	ppm	125	
Hierro	ppm	100	
Manganeso	ppm	50	
Cobre	ppm	15	
Yodo	ppm	0.35	
Selenio	ppm	0.30	

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	
<b>Vitaminas añadidas<sup>l,m</sup></b>		<b>por kg de la dieta</b>
Vitamina A	UI/kg	9920
Vitamina D	UI/kg	1985
Vitamina E	UI/kg	66
Vitamina K	mg/kg	4.4
Colinan	mg/kg	660
Niacina	mg/kg	44
Riboflavina	mg/kg	10
Ácido pantoténico	mg/kg	33
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	37
Ácido fólico	mcg/kg	1325
Biotina	mcg/kg	220
Tiamina	mg/kg	2.2
Piridoxina	mg/kg	3.3

<sup>a</sup>Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como lineamientos. Es necesario ajustarlos de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados. [Haga clic aquí](#) para tener acceso al Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC® para ajustar las especificaciones de nutrientes con base en la concentración de energía de la dieta. Hay que ser consciente de que las cerdas alojadas por debajo de su zona termoneutral necesitan más energía.

<sup>b</sup>Se calculó la energía neta (EN) con un factor de conversión de 0.75 a partir de la energía metabolizable (EM). En función de los ingredientes utilizados, puede variar para las distintas composiciones de la dieta (por ejemplo, de 0.73 a 0.76). Si las dietas de gestación se peletizan, considere reducir 3% la cantidad de alimento.

<sup>c</sup>PIC® recomienda una cantidad de alimento de 4.9 Mcal EN/d o 3.7 Mcal EM/d en múltiparas gordas en base al cáliper, una vez que la preñez se haya confirmado y hasta el día 90 de gestación.

<sup>d</sup>PIC® recomienda una cantidad de alimento de 4.4 Mcal EN/d o 5.9 Mcal EM/d en primerizas durante toda la gestación sin tomar en cuenta su condición corporal al servicio. PIC no recomienda el categorizar o alimentar a las hembras primerizas en base a su condición corporal.

<sup>e</sup>Para hembras de 2 parto o más (3+ gestación), considere incrementar el nivel base de alimentación hasta 0.75 Mcal de ME o 0.55 Mcal de NE-d durante la etapa tardía de la gestación. La mayoría de las hembras con 2 o más partos pesarán más de 200 kg, y la etapa tardía de la gestación representa el peso corporal más pesado en la granja.

<sup>f</sup>El cambio de la unidades de cáliper se basa en una granja de cerdas suponiendo que el peso corporal promedio es de 200 kg. Knauer et al. (2020) reportaron la ecuación de regresión: cambio de medida del cáliper por día =  $1.35 \times (\text{consumo de EM, Mcal/d}) \div (\text{peso corporal, kg}) - 0.1332$ .

<sup>g</sup>Las inclusiones máximas de L- Lisina se sugieren con base en dietas de maíz y pasta de soya, para usarse como un lineamiento. Es posible utilizar tasas de inclusión por arriba de los niveles máximos sugeridos, siempre y cuando el resto de las relaciones de aminoácidos a lisina cumplan con las recomendaciones de PIC®.

<sup>h</sup>Los valores de fósforo consideran la liberación causada por la fitasa; no obstante, es necesario que dichos valores se basen en las recomendaciones del proveedor establecidas con investigaciones científicas revisadas por expertos. P DETT = fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo. Disp. P disp. = fósforo disponible.

<sup>i</sup>Los requerimientos para P disp. se calculan como el 95% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de gestación de maíz-pasta de soya con suplemento de fitasa, con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad de P del NRC (1998 y 2012).

<sup>j</sup>Si la dieta de gestación se formula sin la inclusión de fitasa, la relación recomendada de Ca:P analizados es de 1.25.

<sup>k</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>l</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido de ingrediente.

<sup>m</sup>El peletizado y (o) la expansión disminuyen la estabilidad de las vitaminas del 10 al 12% y de 15 al 20%, respectivamente. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad de vitaminas específicas bajo condiciones de peletización para que se pueda hacer una fortificación adicional conforme se necesite.

<sup>n</sup>Suponiendo una típica dieta de maíz-pasta de soya que proporciona 1,325 mg por kg.



## Sección P

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y multíparas lactantes (base húmeda)

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	PRIMERIZAS	MULTÍPARAS	PIARA
Pérdida neta de peso corporal <sup>b</sup>	%	<10	<10	<10
Pérdida de grasa, Máx <sup>b</sup>	mm	0-2	0-2	0-2
Pérdida esperada del calibrador <sup>c</sup>	unidades	---	---	2.3
Crecimiento de la camada <sup>d</sup>	kg/d	2.5	2.7	2.7
Consumo diario de energía neta (EN) <sup>e,f</sup>	Mcal/d	12.5	15.5	14.9
Consumo diario de energía metabolizable (EM) <sup>f</sup>	Mcal/d	16.9	20.9	20.1
Consumo promedio de alimento <sup>d,g</sup>	kg/d	5	6.2	6.0
<b>Aminoácidos digeribles ileales estandarizados</b>				
Consumo diario de lisina, una sola dieta de lactación	g/d	50	62.0	59.5
Consumo diario de lisina, dos dietas de lactación <sup>h</sup>	g/d	59	56.5	---
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	53	53	53
Treonina:Lisina	Proporción	64	64	64
Triptofano:Lisina	Proporción	19	19	19
Valina:Lisina	Proporción	64	64	64
Isoleucina:Lisina	Proporción	56	56	56
Leucina:Lisina	Proporción	114	114	114
Histidina:Lisina	Proporción	40	40	40
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	113	113	113
L-Lisina-HCl, máx. <sup>i</sup>	%	0.45	0.45	0.45
<b>Minerales</b>				
P DETT:kilocalorías de EN <sup>j</sup>	g/Mcal	1.90	1.67	1.72
P DETT:kilocalorías de EM <sup>j</sup>	g/Mcal	1.44	1.27	1.30
Disp. P:kilocalorías de EN <sup>j,k</sup>	g/Mcal	1.73	1.52	1.56
Disp. P:kilocalorías de EM <sup>j,k</sup>	g/Mcal	1.31	1.15	1.19
Ca analizado:P analizado <sup>l</sup>	Proporción	1.50	1.50	1.50
Sodio <sup>m</sup>	%	0.27	0.23	0.24
Cloruro	%	0.27	0.23	0.24
<b>Minerales traza añadidos<sup>n</sup></b>				
Zinc	ppm	125	125	125
Hierro	ppm	100	100	100
Manganeso	ppm	50	50	50
Cobre	ppm	15	15	15
Yodo	ppm	0.35	0.35	0.35
Selenio	ppm	0.30	0.30	0.30

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	PRIMERIZAS	MULTÍPARAS	PIARA
<b>Vitaminas añadidas<sup>n,o</sup></b>				
<b>por kg de la dieta</b>				
Vitamina A	UI/kg	9920	9920	9920
Vitamina D	UI/kg	1985	1985	1985
Vitamina E	UI/kg	66	66	66
Vitamina K	mg/kg	4.4	4.4	4.4
Colina <sup>p</sup>	mg/kg	660	660	660
Niacina	mg/kg	44	44	44
Riboflavina	mg/kg	10	10	10
Ácido pantoténico	mg/kg	33	33	33
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	37	37	37
Ácido fólico	mcg/kg	1325	1325	1325
Biotina	mcg/kg	220	220	220
Tiamina	mg/kg	2.2	2.2	2.2
Piridoxina	mg/kg	3.3	3.3	3.3

<sup>a</sup>Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como recomendaciones. Es necesario ajustarlos de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados.

<sup>b</sup>Supuestos: Primeriza - 135 kg de peso corporal (PC) al servicio y 35 kg ganancia materna neta; Multípara – 180 kg PC al servicio y 9 kg ganancia materna neta; peso después del parto de 175 kg; pérdida de peso de 10 kg.

<sup>c</sup>La pérdida esperada del cáliper se calcula con base en las unidades medidas con este instrumento en el parto de acuerdo con los datos recolectados de una granja con 4,500 cerdas en España (Huerta et al., 2021). Ecuación de regresión si se usa la antigua versión del cáliper: Pérdida de unidad de cáliper = 6.253704 + (-0.874766 × cáliper al parto) + (0.042414 × cáliper al parto<sup>2</sup>). Ecuación de regresión si se usa la nueva versión del cáliper: Pérdida de unidad de cáliper = 6.253704 + [-0.874766 × (cáliper al parto)] + [0.042414 × (cáliper al parto + 4)<sup>2</sup>].

<sup>d</sup>Suponiendo una estructura de número de partos de 20% en primerizas y 80% en multíparas.

<sup>e</sup>Se calculó la energía neta con un factor de conversión de 0.74 a partir de la energía metabolizable. En función de los ingredientes utilizados, puede variar para las distintas composiciones de la dieta (por ejemplo, de 0.73 a 0.76).

<sup>f</sup>El consumo de energía al día es sólo una referencia y no representa una recomendación.

<sup>g</sup>El consumo diario de alimento es sólo una referencia para una lactación de 21 días y no representa una recomendación. Se asume que las primerizas consumen en promedio 19% menos que las multíparas. Por favor [haga clic aquí](#) para tener acceso a la herramienta del Programa de Alimentación Dinámica de Hembras PIC® para ajustar las especificaciones de nutrientes con base en el consumo promedio de alimento de lactancia.

<sup>h</sup>En las situaciones en las que aplique una dieta de lactación específica para primerizas, como de segregación de partos o inicios, considere la alimentación diaria de 59 g de lisina DIE en cerdas primerizas para un desempeño máximo de lactancia y de 56.5 g de lisina DIE a diario en multíparas para mejorar la rentabilidad.

<sup>i</sup>Se recomiendan inclusiones máximas de L-Lisina HCl con base en dietas de maíz y pasta de soya, para usarse como recomendaciones. No se debe restringir la inclusión de aminoácidos sintéticos en la dieta, siempre y cuando no haya otros nutrientes limitantes. La inclusión de más de 30% de pasta de soya ha demostrado reducir el consumo de alimento de lactancia (Gourley et al., 2020c).

<sup>j</sup>Los valores de fósforo consideran la liberación causada por la fitasa; no obstante, es necesario que dichos valores se basen en las recomendaciones del proveedor establecidas con investigaciones científicas revisadas por expertos. P DETT = fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo. Av. P disp. = fósforo disponible.

<sup>k</sup>Los requerimientos para P disp. se calculan como el 90% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de lactación de maíz-pasta de soya con suplemento de fitasa, con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad de P del NRC (1998 y 2012).

<sup>l</sup>Si la dieta de lactancia se formula sin la inclusión de fitasa, la relación recomendada de Ca:P analizados es de 1.25.

<sup>m</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>n</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido del ingrediente.

<sup>o</sup>El peletizado y (o) la expansión disminuyen la estabilidad de las vitaminas del 10 al 12% y de 15 al 20%, respectivamente. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad de vitaminas específicas bajo condiciones de peletización para que se pueda hacer una fortificación adicional conforme se necesite.

<sup>p</sup>Suponiendo que la dieta típica de maíz y pasta de soya proporciona 1325 mg por kg.

## Sección Q

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para lechones en preiniciación (base húmeda)

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg	
		Del destete a ~7.5	~ 7.5 a 11.5
<b>Nivel de energía de la dieta (con base en los valores de ingredientes del NRC 2012)</b>			
Energía neta <sup>b,c</sup>	kcal/kg	2545	2545
Energía metabolizable <sup>b</sup>	kcal/kg	3395	3395
<b>Aminoácidos digestibles ileales estandarizados</b>			
Lisina <sup>d</sup>	%	1.46	1.42
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	58	58
Treonina:Lisina	Proporción	65	65
Triptofano:Lisina	Proporción	20	19
Valina:Lisina	Proporción	67	67
Isoleucina:Lisina <sup>e</sup>	Proporción	55	55
Leucina:Lisina	Proporción	100	100
Histidina:Lisina	Proporción	32	32
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	92	92
<b>Minerales</b>			
Fósforo disp. <sup>f,g</sup>	%	0.45	0.40
Fósforo DETT <sup>f,g</sup>	%	0.50	0.45
Calcio analizadog	%	0.65	0.65
Sodioh	%	0.40	0.35
Cloruro	%	0.35 - 0.40	0.32
<b>Minerales traza añadidos<sup>i</sup></b>			
Zincj	ppm	130	130
Hierrok	ppm	130	130
Manganeso	ppm	50	50
Cobrel	ppm	18	18
Yodo	ppm	0.65	0.65
Selenio	ppm	0.30	0.30
<b>Vitaminas añadidas<sup>i,m</sup> por kg de la dieta</b>			
Vitamina A	UI/kg	5000	5000
Vitamina D	UI/kg	1600	1600
Vitamina E	UI/kg	50	50
Vitamina K	mg/kg	3	3.0
Colinan	mg/kg	---	---
Niacina	mg/kg	50	50
Riboflavina	mg/kg	8	8.0
Ácido pantoténico	mg/kg	28	28
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	38	38

VARIABLE <sup>a</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg	
		Del destete a ~7.5	~ 7.5 a 11.5
<b>Especificaciones recomendadas</b>			
Pasta de soya, máxo	%	20	28
Lisina DIE:proteína cruda, máxp	%	6.4	6.4
Proteínas altamente digestiblesq	%	5 - 10	3 - 5
Carbohidratos altamente digestiblesr	%	15	7.5

<sup>a</sup>Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como lineamientos. Es necesario ajustarlos de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados.

<sup>b</sup>Los niveles de energía son recomendaciones y se deben ajustar de acuerdo al precio del mercado y panoramas específicos a la granja.

<sup>c</sup>Se calculó la energía neta con un factor de conversión de 0.75 a partir de la energía metabolizable. En función de los ingredientes utilizados, puede variar para las distintas composiciones de la dieta (por ejemplo, de 0.73 a 0.76).

<sup>d</sup>El nivel mínimo diario en dietas para cerdos de 5.5 a 11.5 kg es de 1.35% si la lisina DIE cubre la recomendación de PIC® de la fase tardía del destete.

<sup>e</sup>Dieta con < 2% de glóbulos sanguíneos. Si supera el 2% de glóbulos sanguíneos, la relación de isoleucina:lisina DIE debe ser de 60.

<sup>f</sup>Fósforo disp. = fósforo disponible; Fósforo DETT = Fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo.

<sup>g</sup>Sólo deben considerarse los valores de calcio y fósforo liberados de la fitasa si hay suficiente sustrato disponible con base en la formulación de la dieta.

<sup>h</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>i</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido de ingrediente.

<sup>j</sup>Duración máxima desde el destete a 11.5 kg o 42 días de edad. Los niveles farmacológicos de zinc para mejorar el desempeño son los siguientes: < 7.5 kg usar 3000 ppm; y para 17.5-11.5 kg usar 2000 ppm. Todos los países tienen distintas reglamentaciones con respecto al uso del zinc en niveles farmacológicos, por lo que hay que seguir las reglamentaciones de cada país.

<sup>k</sup>La suplementación máxima de hierro es de 200 ppm debido al contenido considerable de hierro del fosfato dicálcico y porque el consumo alto de hierro promueve la proliferación de E. coli en cerdos jóvenes.

<sup>l</sup>Es posible usar hasta 250 ppm de suplementación de cobre para mejorar el desempeño del crecimiento, si no están permitidos los niveles de Zn farmacológicos. Se supone que son formas inorgánicas. Todos los países tienen distintas reglamentaciones con respecto al uso del cobre como promotor de crecimiento, por lo que hay que seguir las reglamentaciones de cada país.

<sup>m</sup>El peletizado y (o) la expansión disminuyen la estabilidad de las vitaminas del 10 al 12% y de 15 al 20%, respectivamente. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad específica de las vitaminas bajo condiciones de peletización para que la modificación adicional pueda hacerse conforme se necesite.

<sup>n</sup>Debe lograrse un nivel total de 1325 mg de colina por kg.

<sup>o</sup>Niveles sugeridos para producción comercial y una salud de buena a alta. Los cerdos con una salud alta toleran niveles más altos de pasta de soya (30% para animales de 7.5 a 11.5 kg).

<sup>p</sup>Basado en los resultados de Millet et al. (2018). (2018).

<sup>q</sup>Por ejemplo, harina de pescado de alta calidad, plasma animal, harina de sangre, pasta de soya tratada enzimáticamente, etc.;

<sup>r</sup>La fuente más común de carbohidratos altamente digestibles es la lactosa de grado alimenticio. Si son económicas, otras fuentes de carbohidratos altamente digestibles pueden sustituir parte de la lactosa (por ejemplo, maltosa, dextrosa, maíz micronizado, arroz micronizado, maltodextrina, etc.).



## Sección R

# Especificaciones de nutrientes de PIC® para primerizas y cerdos castrados en última fase de destete y crecimiento-finalización (base húmeda)

VARIABLE <sup>1</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg							104 - al mercado con ractopamina <sup>f</sup>	
		11 - 23	23 - 41	41 - 59	59 - 82	82 - 104	104 - al mercado	< 21 D	> 21 D	
<b>Aminoácidos digestibles ileales estandarizados</b>										
Lisina:kilocalorías de EN <sup>b</sup>	g/Mcal	5.32	4.74	4.11	3.54	3.06	2.72	3.92	3.81	
Lisina:kilocalorías de EM <sup>b</sup>	g/Mcal	3.90	3.47	3.03	2.62	2.29	2.08	2.99	2.91	
Metionina + Cisteína:Lisina	Proporción	58	58	58	58	58	58	58	58	
Treonina:Lisina	Proporción	65	65	65	65	65	66	68	68	
Triptofano:Lisina <sup>c</sup>	Proporción	19	18	18	18	18	18	20	20	
Valina:Lisina	Proporción	68	68	68	68	68	68	68	68	
Isoleucina:Lisina	Proporción	55	56	56	56	56	56	56	56	
Leucina:Lisina <sup>d</sup>	Proporción	100	101	101	101	101	102	100	100	
Histidina:Lisina	Proporción	32	34	34	34	34	34	33	33	
Fenilalanina + Tirosina:Lisina	Proporción	92	94	94	94	95	96	94	95	
L-Lisina-HCl, máx <sup>e</sup>	%	---	0.45	0.40	0.35	0.28	0.25	0.45	0.45	
Lisina DIE máx:PC <sup>g</sup>	Proporción	6.4	---	---	---	---	---	---	---	
Proteína cruda mín. <sup>h</sup>	%	---	---	---	---	---	13	---	---	
<b>Minerales</b>										
P DETT:kilocalorías de EN <sup>i,j</sup>	g/Mcal	1.80	1.62	1.43	1.25	1.10	0.99	1.20	1.16	
P DETT:kilocalorías de EM <sup>i,j</sup>	g/Mcal	1.32	1.20	1.07	0.95	0.84	0.77	0.93	0.90	
Av. P disponible:kilocalorías de EN <sup>i,j,k</sup>	g/Mcal	1.54	1.39	1.23	1.07	0.94	0.85	0.99	0.96	
Av. P disponible:kilocalorías de EM <sup>i,j,k</sup>	g/Mcal	1.14	1.03	0.92	0.82	0.72	0.66	0.77	0.74	
Ca analizado:P analizado, rango <sup>l</sup>	Proporción	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	1.25-1.50	
Sodio <sup>m</sup>	%	0.28	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Cloruro	%	0.32	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
<b>Minerales traza añadidos<sup>n</sup></b>										
Zinc	ppm	130	111	98	78	65	65	65	65	
Hierro	ppm	130	111	98	78	65	65	65	65	
Manganeso	ppm	50	43	38	30	25	25	25	25	
Cobre <sup>o</sup>	ppm	18	15	14	11	9	9	9	9	
Yodo	ppm	0.65	0.55	0.49	0.39	0.33	0.33	0.33	0.33	
Selenio	ppm	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.25	0.25	0.25	

VARIABLE <sup>†</sup>	UNIDAD	Peso corporal, kg							104 - al mercado con ractopamina <sup>†</sup>	
		11 - 23	23 - 41	41 - 59	59 - 82	82 - 104	104 - al mercado	< 21 D	> 21 D	
<b>Vitaminas añadidas<sup>n,p</sup></b>		<b>por kg de la dieta</b>								
Vitamina A	UI/kg	5000	4250	3750	3000	2500	2500	2500	2500	
Vitamina D	UI/kg	1600	1360	1200	960	800	800	800	800	
Vitamina E	UI/kg	51	44	37	31	26	26	26	26	
Vitamina K	mg/kg	3.1	2.6	2.4	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	
Niacina	mg/kg	51	44	37	31	26	26	26	26	
Riboflavina	mg/kg	8	7	7	4	4	4	4	4	
Ácido pantoténico	mg/kg	28	24	22	18	14	14	14	14	
Vitamina B <sub>12</sub>	mcg/kg	38	33	29	22	20	20	20	20	
Colina <sup>q</sup>	mg/kg	---	---	---	---	---	---	---	---	

<sup>a</sup>Estas especificaciones se basan en el consumo de nutrientes por día y se deben usar como recomendaciones. Es necesario ajustarlas de acuerdo con el consumo de alimento, condiciones locales, legislación y mercados

<sup>b</sup>Para más información sobre las ecuaciones para determinar las recomendaciones de lisina, consulte la sección C. [haga clic aquí](#) para tener acceso a las herramientas de lisina DIE Biológica y Económica de PIC<sup>®</sup> y determinar la proporción de lisina DIE a energía para maximizar el desempeño y/o la economía con base en la situación específica. Estas herramientas también brindan las proporciones de lisina DIE a energía para maximizar el desempeño de verracos, primerizas y verracos. Las proporciones de lisina DIE a energía cubren los requerimientos biológicos de los cerdos descendientes de PIC<sup>®</sup> 327, 337 y 359. PIC<sup>®</sup> propone que para cubrir los requerimientos biológicos de estos verracos reproductores debe usarse el 99% de los estimados de la herramienta de cerdos descendientes de PIC<sup>®</sup> 380, 408 y 410; y 97% en cerdos PIC<sup>®</sup> 800.

<sup>c</sup>[Haga clic aquí](#) para tener acceso a la herramienta del Modelo Económico de Triptofano:Lisina DIE para Cerdos Destetados y en Finalización para determinar la proporción de triptofano a lisina DIE para maximizar el desempeño y/o la economía con base en la situación específica.

<sup>d</sup>El exceso de la proporción de leucina a lisina DIE impacta negativamente en el desempeño del crecimiento del cerdo. Por favor, véase el cuadro de la página R-3 para los ajustes de las proporciones de triptofano, valina e isoleucina a lisina de acuerdo con la proporción de leucina a lisina (adaptado de Cemin et al., 2019).

<sup>e</sup>Se indican las inclusiones máximas de L-Lisina con base en dietas de maíz y pasta de soya, las cuales deben usarse como recomendaciones. Es posible utilizar tasas de inclusión por arriba de los niveles máximos sugeridos, siempre y cuando el resto de las relaciones de aminoácidos a lisina cumplan con las recomendaciones de PIC<sup>®</sup>.

<sup>f</sup>Los cerdos con buena salud de 11 a 23 kg pueden tolerar niveles más altos de hasta 35% de pasta de soya.

<sup>g</sup>Con base en los resultados de Millet et al. (2018). (2018).

<sup>h</sup>Estas recomendaciones se basan en una serie de estudios desarrollados por Soto et al. (2019b). (2019b). Supone que todas las proporciones de aminoácidos son adecuadas.

<sup>i</sup>Los valores de fósforo consideran la liberación causada por la fitasa; no obstante, es necesario que dichos valores se basen en las recomendaciones del proveedor establecidas con investigaciones científicas revisadas por expertos. P DETT = fósforo digestible estandarizado total del tracto digestivo, P disp. = P disponible.

<sup>j</sup>Para más información sobre las ecuaciones para determinar las recomendaciones de fósforo, consulte la sección D. [Haga clic aquí](#) para tener acceso a las herramientas de P DETT y P Biológico y Económico de PIC<sup>®</sup> para determinar la proporción de fósforo a energía y maximizar el desempeño y/o la economía con base en la situación específica.

<sup>k</sup>Las recomendaciones de P disponible se calculan como el 86% de las recomendaciones de P DETT en una dieta de maíz-pasta de soya con el coeficiente P DETT y la biodisponibilidad del P del NRC (1998 y 2012).

<sup>l</sup>La relación de Ca:P analizado se determina con base en Vier et al., (2019c) que considera las concentraciones de P del requerimiento PIC<sup>®</sup> recomendado.

<sup>m</sup>Si se desconocen los niveles de sodio de los principales ingredientes, usar al menos 80% de sodio proveniente del cloruro de sodio.

<sup>n</sup>Los valores representan la suplementación de micronutrientes sin reconocer el contenido de ingredientes.

<sup>o</sup>Los niveles altos de cobre para mejorar el desempeño del crecimiento son de 250 ppm para cerdos de 11 a 23 kg. Se supone que son formas inorgánicas. Todos los países tienen distintas reglamentaciones con respecto al uso del cobre como promotor del crecimiento, por lo que hay que seguir las reglamentaciones de cada país.

<sup>p</sup>El procesamiento térmico por peletización disminuye de 10 a 12% la estabilidad de las vitaminas y la expansión del 15 al 20%. Consulte al fabricante de vitaminas para verificar la estabilidad de vitaminas específicas bajo condiciones de procesamiento térmico para que se pueda hacer una fortificación adicional, conforme se necesite.

<sup>q</sup>Para cerdos de 11 a 23 kg, una concentración total de 1325 mg de colina por kg, incluida la que proporcionan los ingredientes.

<sup>r</sup>Cuando el organismo gubernamental local del país en donde opera permita su uso.



Ejemplo de ajustes de las proporciones de triptofano, valina e isoleucina de acuerdo con los niveles de leucina  
(adaptado de Cemin et al., 2019)

Variable	Proporción de Leucina:Lisina								
	125	135.0	145.0	155.0	165.0	175.0	185.0	195.0	205.0
Triptofano	18	18.2	18.5	18.7	19.0	19.2	19.4	19.7	19.9
Valina	68	68.4	69.7	71.1	72.4	73.8	75.1	76.5	77.8
Isoleucina	56	56.0	56.0	56.0	56.2	57.2	58.2	59.3	60.3

# Alimentación de cerdos PIC® dentro de temas especiales

Es posible ajustar las recomendaciones de nutrición y alimentación de PIC® para dar cabida a temas especiales de producción porcina, como legislaciones regionales específicas, ambientes de producción diferentes o distintos requerimientos de la planta empacadora.

Para más información con respecto a la alimentación de cerdos PIC® bajo programas específicos, consulte al equipo de cuentas PIC® o [haga clic aquí](#):

- Rendimiento de la canal y calidad de la grasa del cerdo
- Consideraciones de contingencia para situaciones urgentes
- Aditivos
  - Puntos clave a considerar con el uso de la ractopamina en dietas porcinas
- Alimentación de cerdos en ambientes calurosos
- Recomendaciones de fabricación de alimento para cerdos PIC®
- Producción de jamón
- Cerdos inmunocastrados
- Requerimientos de verracos no castrados en finalización
- Alimentación líquida
- Factores nutricionales relacionados con comportamientos anormales
- Producción en exteriores
- Alimentación por sexos
- Límites superiores del uso de ingredientes de alimentos
- Agua

- Almeida, L. M., M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2017 162 Effects of feeding levels during wean-to-estrus interval and first week of gestation on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 95:76–77. doi:10.2527/asasmw.2017.12.162.
- Almeida, L. M., M. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and A. Maiorka. 2018 174 Effects of Feeding Level and Diet Type during Wean-to-Estrus Interval on Reproductive Performance of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:92–92. doi:10.1093/jas/sky073.171.
- Almond, G., W. L. Flowers, L. Batista, and S. D’Allaire. 2006. Disease of the reproductive system. In: B. E. Straw, J. J. Zimmerman, S. D’Allaire, and D. J. Taylor, editors. *Diseases of swine*. 9th ed. Blackwell Publishing, Ames, IA. p. 113–147.
- Althouse, B., M. E. Wilson, T. Gall, and R. L. Moser. 2000. Effects of supplemental dietary zinc on boar sperm production and testis size. In: 14th International Congress on Animal Reproduction. Stockholm, Sweden. p. 264.
- Ampaire, A., and C. L. Levesque. 2016. D Effect of altered lysine:energy ratio during gestation on wean pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 94:125. doi:10.2527/msasas2016-264.
- ARC (Agricultural Research Council). 1981. *The Nutrient Requirements of Pigs: Technical Review*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
- Athorn, R. Z., P. Stott, E. G. Bouwman, T. Y. Chen, D. J. Kennaway, and P. Langendijk. 2013. Effect of feeding level on luteal function and progesterone concentration in the vena cava during early pregnancy in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 25:531–538. doi:10.1071/RD11295.
- Baidoo, S. K., F. X. Aherne, R. N. Kirkwood, and G. R. Foxcroft. 1992. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 72:911–917. doi:10.4141/cjas92-103.
- Ball, M. E. E., E. Magowan, K. J. McCracken, V. E. Beattie, R. Bradford, F. J. Gordon, M. J. Robinson, S. Smyth, and W. Henry. 2013. The Effect of Level of Crude Protein and Available Lysine on Finishing Pig Performance, Nitrogen Balance and Nutrient Digestibility. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 26:564–572. doi:10.5713/ajas.2012.12177.
- Baumgartner, M. 1998. Boars react positively to L-carnitine supplements. *Int. Pig Top.* 13:22.
- Bazer, F. W., G. W. Song, J. Y. Kim, K. A. Dunlap, M. C. Satterfield, G. A. Johnson, R. C. Burghardt, and G. Wu. 2012. Uterine biology in sheep and pigs. *J Anim Sci Biotechnol.* 3:1–21. doi:10.1186/2049-1891-3-23.
- Berger, T., K. L. Esbenschade, M. A. Diekman, T. Hoagland, and J. Tuite. 1981. Influence of Prepubertal Consumption of Zearalenone on Sexual Development of Boars. *J. Anim. Sci.* 53:1559–1564. doi:10.2527/jas1982.5361559x.
- Bergstrom, J. R., C. N. Groesbeck, J. M. Benz, M. D. Tokach, J. L. Nelssen, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2007 An evaluation of dextrose, lactose, and whey sources in phase 2 starter diets for weanling pigs. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 60–65. doi:10.4148/2378-5977.6962.
- Berndt, T., and R. Kumar. 2009. Novel Mechanisms in the Regulation of Phosphorus Homeostasis. *Physiology.* 24:17–25. doi:10.1152/physiol.00034.2008.
- Boyd, R. D., G. C. Castro, R. A. Cabrera, and B. Franklin. 2002. Nutrition and management of the sow to maximize lifetime productivity. *Advances in Pork Production.* 13:47–59.
- Bruder, E., G. Gourley, and M. Goncalves. 2018. 313 - Effects of Standardized Ileal Digestible Lysine Intake during Lactation on Litter and Reproductive Performance of Gilts. *J. Anim. Sci.* 96:168–168. doi:10.1093/jas/sky073.310.
- Buis, R. Q., D. Wey, and C. F. M. De Lange. 2016. 266 - Development of precision gestation feeding program using electronic sow feeders and effects on gilt performance. *J. Anim. Sci.* 94:125-126. doi:10.2527/msasas2016-266.
- Cabezón, F. A., K. R. Stewart, A. P. Schinckel, W. Barnes, R. D. Boyd, P. Wilcock, and J. Woodliff. 2016. Effect of natural betaine on estimates of semen quality in mature AI boars during summer heat stress. *Anim. Reprod. Sci.* 170:25–37. doi:10.1016/j.anireprosci.2016.03.009.
- Cemin, H. S., C. M. Vier, M. D. Tokach, S. S. Dritz, K. J. Touchette, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2018 Effects of standardized ileal digestible histidine to lysine ratio on growth performance of 7- to 11-kg nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:4713–4722. doi:10.1093/jas/sky319.
- Cemin, H. S., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, and R. D. Goodband. 2019. Meta-regression analysis to predict the influence of branched-chain and large neutral amino acids on growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 97:2505–2514. doi:10.1093/jas/skz118.

- Chen, J. Q., Y. S. Li, Z. J. Li, H. X. Lu, P. Q. Zhu, and C. M. Li. 2018. Dietary l-arginine supplementation improves semen quality and libido of boars under high ambient temperature. *Animal*. 12:1611–1620. doi:10.1017/S1751731117003147.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis, and E. R. Peo. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: I. Rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69:694–707. doi:10.2527/1991.692694x.
- Cho, J. H., B. J. Min, Y. J. Chen, J. S. Yoo, Q. Wang, J. D. Kim, and I. H. Kim. 2007. Evaluation of FSP (Fermented Soy Protein) to Replace Soybean Meal in Weaned Pigs: Growth Performance, Blood Urea Nitrogen and Total Protein Concentrations in Serum and Nutrient Digestibility. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 20:1874–1879. doi:10.5713/ajas.2007.1874.
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, and K. J. Touchette. 2017a. Effects of Amino Acid Ratios and Lysine Level on Nursery Pig Growth Performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 3: Iss. 7.* <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7466>
- Clark, A. B., M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. C. Woodworth, K. J. Touchette, and N. M. Bello. 2017b Modeling the effects of standardized ileal digestible isoleucine to lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 1:437–447. doi:10.2527/tas2017.0048.
- Close, W. H., and F. G. Roberts. 1993 Nutrition of the working boar. In: D. J. Cole, A. Haresign, and P. C. Garnsworthy, editors. *Recent Developments in Pig Nutrition*. 2nd ed. University Press, Nottingham, UK. p. 347–368.
- Cools, A., D. Maes, R. Decaluwé, J. Buyse, T. A. T. G. van Kempen, A. Liesegang, and G. P. J. Janssens. 2014 *Ad libitum* feeding during the peripartal period affects body condition, reproduction results and metabolism of sows. *Anim. Reprod. Sci.* 145:130–140. doi:10.1016/j.anireprosci.2014.01.008.
- CVB. 2008 Central Bureau for Livestock Feeding. Lelystad, Netherlands.
- Decaluwé, R., D. Maes, A. Cools, B. Wuyts, S. De Smet, B. Marescau, P. P. De Deyn, and G. P. J. Janssens. 2014 Effect of peripartal feeding strategy on colostrum yield and composition in sows. *J. Anim. Sci.* 92:3557–3567. doi:10.2527/jas.2014-7612.
- Dritz, S. S., R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, and J. C. Woodworth. 2019. Nutrient Deficiencies and Excesses. In: J.J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, J. Zhang. editors. *Diseases of Swine*. 11th ed. Wiley Blackwell. p. 1041–1054.
- Engle, M. J. 1994. The role of soybean meal hypersensitivity in postweaning lag and diarrhea in piglets. *Swine Heal. Prod.* 2:7–10.
- Estienne, M. J., A. F. Harper, and R. J. Crawford. 2008. Dietary supplementation with a source of omega-3 fatty acids increases sperm number and the duration of ejaculation in boars. *Theriogenology*. 70:70–76. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.02.007.
- Euken, R. M. 2012. Swine Feed Efficiency: Effect of dietary energy on feed efficiency. Available from: <http://www.swinefeedefficiency.com/>
- Faccin, J. E. G., M. D. Tokach, M. W. Allerson, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, F. P. Bortolozzo, and R. D. Goodband. 2020. Relationship between weaning age and antibiotic usage on pig growth performance and mortality. *J. Anim. Sci.* doi:10.1093/jas/skaa363.
- Feyera, T., T. F. Pedersen, U. Krogh, L. Foldager, and P. K. Theil. 2018. Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *J. Anim. Sci.* 96:2320–2331. doi:10.1093/jas/sky141.
- Figuroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, and R. M. Diedrichsen. 2003 Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81:1529–1537. doi:10.2527/2003.8161529x.
- Flohr, J. R., J. M. Derouchey, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2016 Original research peer reviewed a survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *J. Swine Heal. Prod.* 24:290–303.
- Fraser, D. 1987. Mineral-deficient diets and the pig's attraction to blood: implications for tail-biting. *Can. J. Anim. Sci.* 67:909–918. doi:10.4141/cjas87-096.
- Gabert, V. M., H. Jørgensen, and C. M. Nyachoti. 2001 Bioavailability of AA in feedstuffs for swine. In: A. J. Lewis and L. L. Southern, editors. *Swine Nutrition*. 2nd ed. CRC Press, New York, Ny. p. 151–186.
- Gianluppi, R. D. F., M. S. Lucca, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, R. R. Ulguim, and F. P. Bortolozzo. 2020 Effects of different amounts and type of diet during weaning-to-estrus interval on reproductive performance of primiparous and multiparous sows. *animal*. 14:1906–1915. doi:10.1017/S175173112000049X.
- Gonçalves, M. A. D., S. Nitikanchana, M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, R. D. Goodband, K. J. Touchette, J. L. Usry, J. M. DeRouchey, and J. C. Woodworth. 2015 Effects of standardized ileal digestible tryptophan: lysine ratio on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 93:3909–3918. doi:10.2527/jas.2015-9083.

- Gonçalves, M. A. D., K. M. Gourley, S. S. Dritz, M. D. Tokach, N. M. Bello, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2016b Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high-performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 94:1993–2003. doi:10.2527/jas.2015-0087.
- Gonçalves, M. A. D., M. D. Tokach, S. S. Dritz, N. M. Bello, K. J. Touchette, R. D. Goodband, J. M. Derouchey, and J. C. Woodworth. 2018 Standardized ileal digestible valine:Lysine dose response effects in 25- to 45-kg pigs under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 96:591–599. doi:10.1093/jas/skx059.
- González-Vega, J. C., Y. Liu, J. C. McCann, C. L. Walk, J. J. Looor, and H. H. Stein. 2016a. Requirement for digestible calcium by eleven- to twenty-five-kilogram pigs as determined by growth performance, bone ash concentration, calcium and phosphorus balances, and expression of genes involved in transport of calcium in intestinal and kidney cell. *J. Anim. Sci.* 94:3321–3334. doi:10.2527/jas.2016-0444.
- González-Vega, J. C., C. L. Walk, M. R. Murphy, and H. H. Stein. 2016b Requirement for digestible calcium by 25 to 50 kg pigs at different dietary concentrations of phosphorus as indicated by growth performance, bone ash concentration, and calcium and phosphorus balances. *J. Anim. Sci.* 94:5272–5285. doi:10.2527/jas.2016-0751.
- Goodband, B., M. Tokach, S. Dritz, J. DeRouchey, and J. Woodworth. 2014. Practical starter pig amino acid requirements in relation to immunity, gut health and growth performance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5:12. doi:10.1186/2049-1891-5-12.
- Gourley, K. M., G. E. Nichols, J. A. Sonderman, Z. T. Spencer, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, S. J. Kitt, and E. W. Stephenson. 2017. Determining the impact of increasing standardized ileal digestible lysine for primiparous and multiparous sows during lactation. *Transl. Anim. Sci.* 1:426–436. doi:10.2527/tas2017.0043.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, and J. C. Woodworth. 2020a. Effects of increased lysine and energy feeding duration prior to parturition on sow and litter performance, piglet survival, and colostrum quality. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa105.
- Gourley, K. M., A. J. Swanson, R. Q. Royall, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, C. W. Hastad, and J. C. Woodworth. 2020b. Effects of timing and size of meals prior to farrowing on sow and litter performance. *Transl. Anim. Sci.* 4:724–736. doi:10.1093/tas/txaa066.
- Gourley, K. M., J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2020c Effects of soybean meal concentration in lactating sow diets on sow and litter performance and blood criteria. *Transl. Anim. Sci.* 4:594–601. doi:10.1093/tas/txaa037.
- Graham, A., K. J. Touchette, S. Jungst, M. Tegtmeyer, J. Connor, and L. Greiner. 2015. Impact of feeding level postweaning on wean to estrus interval, conception and farrowing rates, and subsequent farrowing performance. *J. Anim. Sci.* 93:65.
- Graham, A., L. Greiner, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and K. J. Touchette. 2018. Lysine Requirement of Lactating Sows - Revisited. *J. Anim. Sci.* 96:167–168. doi:10.1093/jas/sky073.309.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, and C. R. Neill. 2016. The evaluation of increasing lysine or feed amounts in late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 94:123-124. doi:10.2527/msasas2016-261.
- Greiner, L., A. Graham, K. J. Touchette, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and J. Connor. 2017. Threonine:Lysine ratio requirement in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 95:115. doi:10.2527/asasmw.2017.12.240.
- Guo, J. Y., C. E. Phillips, M. T. Coffey, and S. W. Kim. 2015. Efficacy of a supplemental candy coproduct as an alternative carbohydrate source to lactose on growth performance of newly weaned pigs in a commercial farm condition. *J. Anim. Sci.* 93:5304–5312. doi:10.2527/jas.2015-9328.
- Harper, H., G. Silva, B. Peterson, A. Hanson, J. Soto, C. Vier, N. Lu, and U. Orlando. 2021. Effects of Different Feeding Levels Prior to Farrowing on Sow and Litter Performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings
- Heo, J. M., J. C. Kim, C. F. Hansen, B. P. Mullan, D. J. Hampson, and J. R. Pluske. 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *J. Anim. Sci.* 87:2833–2843. doi:10.2527/jas.2008-1274.
- Huerta, I., C. M. Vier, U. A. D. Orlando, N. Lu, R. Navales, and W. R. Cast. 2021. Association between gilts and sows body condition and reproductive performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jacyno, E., A. Kołodziej, M. Kamyczek, M. Kawęcka, K. Dziadek, and A. Pietruszka. 2007. Effect of L-Carnitine Supplementation on Boar Semen Quality. *Acta Vet. Brno.* 76:595–600. doi:10.2754/avb200776040595.
- Jang, K. B., J. M. Purvis, and S. W. Kim. 2019. 143 Supplemental effects of whey permeate on growth performance and gut health of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 97:81–82. doi:10.1093/jas/skz122.148.



- Jayaraman, B., J. Htoo, and C. M. Nyachoti. 2015. Effects of dietary threonine:lysine ratios and sanitary conditions on performance, plasma urea nitrogen, plasma-free threonine and lysine of weaned pigs. *Anim. Nutr.* 1:283–288. doi:10.1016/j.aninu.2015.09.003.
- Jerez, K., C. Ramirez-Camba, C. Vier, N. Lu, W. Cast, S. Dritz, R. Navales, U. Orlando. 2021. A web application to establish customized feeding program and nutrient specifications for highly prolific sows. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Jindal, R., J. R. Cosgrove, F. X. Aherne, and G. R. Foxcroft. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74:620–624. doi:10.2527/1996.743620x.
- Jones, C. K., J. M. DeRouchey, J. L. Nelssen, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and R. D. Goodband. 2010. Effects of fermented soybean meal and specialty animal protein sources on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* 88:1725–1732. doi:10.2527/jas.2009-2110.
- Jones, C. K., M. D. Tokach, J. L. Usry, C. R. Neill, and J. F. Patience. 2014. Evaluating lysine requirements of nursery pigs fed low protein diets with different sources of nonessential amino acids. *J. Anim. Sci.* 92:3460–3470. doi:10.2527/jas.2014-7018.
- Jones, A. M., F. Wu, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and S. S. Dritz. 2018. Evaluating the effects of fish meal source and level on growth performance of nursery pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:144–155. doi:10.1093/tas/txy010.
- De Jong, J., C. R. Neill, M. A. D. Goncalves, U. A. D. Orlando, and M. Culbertson. 2018. 310 - Effects of Standardized Ileal Digestible (SID) Threonine: Lysine Ratio on Nursery Pig Performance. *J. Anim. Sci.* 96:166–167. doi:10.1093/jas/sky073.307.
- Kahindi, R., A. Regassa, J. Htoo, and M. Nyachoti. 2017. Optimal sulfur amino acid to lysine ratio for post weaning piglets reared under clean or unclean sanitary conditions. *Anim. Nutr.* 3:380–385. doi:10.1016/j.aninu.2017.08.004.
- Kemp, B., H. J. G. Grooten, L. A. Den Hartog, P. Luiting, and M. W. A. Verstegen. 1988. The effect of a high protein intake on sperm production in boars at two semen collection frequencies. *Anim. Reprod. Sci.* 17:103–113. doi:10.1016/0378-4320(88)90050-4.
- Kemp, B., L. A. Den Hartog, and H. J. G. Grooten. 1989. The effect of feeding level on semen quantity and quality of breeding boars. *Anim. Reprod. Sci.* 20:245–254. doi:10.1016/0378-4320(89)90073-0.
- Kemp, B., F. P. Vervoort, P. Bikker, J. Janmaat, M. W. A. Verstegen, and H. J. G. Grooten. 1990. Semen collection frequency and the energy metabolism of A.I. boars. *Anim. Reprod. Sci.* 22:87–98. doi:10.1016/0378-4320(90)90068-Q.
- Kendall, D. C., A. M. Gaines, G. L. Allee, and J. L. Usry. 2008. Commercial validation of the true ileal digestible lysine requirement for eleven- to twenty-seven-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 86:324–332. doi:10.2527/jas.2007-0086.
- Kim, S. W., D. H. Baker, and R. A. Easter. 2001. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. *J. Anim. Sci.* 79:2356–2366. doi:10.2527/2001.7992356x.
- Kim, S. W., and R. A. Easter. 2001. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *J. Anim. Sci.* 79:1829–1839. doi:10.2527/2001.7971829x.
- Kim, S. W., E. Van Heugten, F. Ji, C. H. Lee, and R. D. Mateo. 2010. Fermented soybean meal as a vegetable protein source for nursery pigs: I. Effects on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 88:214–224. doi:10.2527/jas.2009-1993.
- Knauer, M. T., J. Purvis, N. Lu, U. A. D. Orlando, C. M. Vier, and W. R. Cast. 2020. Evaluation of the NRC (2012) model in estimating standard maintenance metabolizable energy requirement of PIC® sows during mid-gestation. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Kozink, D. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, and J. W. Knight. 2004. Effects of dietary l-carnitine supplementation on semen characteristics in boars. *Theriogenology.* 61:1247–1258. doi:10.1016/j.theriogenology.2003.07.022.
- Kwon, W. B., and H. H. Stein. 2019. Update on amino acids in high fiber diets: Threonine and branch chained amino acids. In: Midwest Swine Nutr. Conf. Indianapolis. p. 11–17.
- Kwon, W. B., K. J. Touchette, A. Simongiovanni, K. Syriopoulos, A. Wessels, and H. H. Stein. 2019. Excess dietary leucine in diets for growing pigs reduces growth performance, biological value of protein, protein retention, and serotonin synthesis. *J. Anim. Sci.* 97:4282–4292. doi:10.1093/jas/skz259.
- De La Llata, M., S. S. Dritz, M. R. Langemeier, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2001. Economics of increasing lysine:calorie ratio and adding dietary fat for growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *J. Swine Heal. Prod.* 9:215–223.
- Langendijk, P., E. G. Bouwman, T. Y. Chen, R. E. Koopmanschap, and N. M. Soede. 2017. Temporary undernutrition during early gestation, corpora lutea morphometrics, ovarian progesterone secretion and embryo survival in gilts. *Reprod. Fertil. Dev.* 29:1349–1355. doi:10.1071/RD15520.
- Laskoski, F., J. E. Faccin, C. M. Vier, M. A. Goncalves, U. A. Orlando, R. Kummer, A. P. Mellagi, M. L. Bernardi, I. Wentz, and F. P. Bortolozzo. 2019. Effects of pigs per feeder hole and group size on feed intake onset, growth performance, and ear and tail lesions in nursery pigs with consistent space allowance. *J. Swine Heal. Prod.* 27:12–18.

- Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. Minerals. In: *Nutrition of the Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, ON. p. 331–428.
- Levis, D. G. 1997. Managing post pubertal boars for optimum fertility. *The Compendium's Food Animal Medicine and Management*.
- Liao, P., X. Shu, M. Tang, B. Tan, and Y. Yin. 2018. Effect of dietary copper source (inorganic vs. chelated) on immune response, mineral status, and fecal mineral excretion in nursery piglets. *Food Agric. Immunol.* 29:548–563. doi:10.1080/09540105.2017.1416068.
- Lindemann, M. D., and N. Lu. 2019. Use of chromium as an animal feed supplement. In: J. Vincent, editor. *The nutritional biochemistry of chromium*. 1st ed. Elsevier. p. 79–125.
- Liu, Y., Y. L. Ma, J. M. Zhao, M. Vazquez-Añón, and H. H. Stein. 2014. Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. *J. Anim. Sci.* 92:3407–3415. doi:10.2527/jas.2013-7080.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. M. Ermer, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994a. The effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2051–2060. doi:10.2527/1994.7282051x.
- Louis, G. F., A. J. Lewis, W. C. Weldon, P. S. Miller, R. J. Kittok, and W. W. Stroup. 1994b. The effect of protein intake on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 72:2038–2050. doi:10.2527/1994.7282038x.
- Lu, N., J. Estrada, A. Hanson, C. Vier, J. Soto, G. Silva, B. Peterson, E. Parr, M. Welsch, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022. Effects of feeding levels in early gestation on PIC Camborough sows and litter performance. In: *ASAS-CSAS Annual Meeting*
- Lu, N., and M. D. Lindemann. 2017. Effects of dietary copper levels on growth performance and response to lipopolysaccharide challenge in nursery pigs from sows fed either high or low copper diets. *J. Anim. Sci.* 95:55. doi:10.2527/asasmw.2017.118.
- Lu, N., H. J. Monegue, and M. D. Lindemann. 2018. Long-Term Effects of Dietary Source and Level of Copper on Reproductive Performance, Nutrient Digestibility, Milk Composition, and Tissue Trace Mineral Concentrations of Sows. *J. Anim. Sci.* 96:132. doi:10.1093/jas/sky073.244.
- Lu, N., C. Vier, W. Cast, U. Orlando, M. Goncalves, and M. Young. 2020. Effects of dietary net energy and neutral detergent fiber levels on growth performance and carcass characteristics of growing finishing pigs. In: *ASAS Midwest Animal Science Meetings*.
- Lu, N., R. Wang, G. Popa, C. Vier, and U. Orlando. 2021. Effects of different feeding regimes during wean-to-estrus interval on sow reproductive performance. In: *ASAS Midwest Animal Science Meetings*.
- Lunedo, R., D. Perondi, C. M. Vier, U. A. D. Orlando, G. F. R. Lima, A. D. Junior, and R. Kummer. 2020. Determining the effects of diet complexity and body weight categories on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 98:92. doi:10.1093/jas/skaa054.160.
- Madec, F., N. Bridoux, S. Bounaix, and A. Jestin. 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Prev. Vet. Med.* 35:53–72. doi:10.1016/S0167-5877(97)00057-3.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2004. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *J. Anim. Sci.* 82:1499–1507. doi:10.2527/2004.8251499x.
- Main, R. G., S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and J. M. DeRouchey. 2008. Effects of Feeding Growing Pigs Less or More Than Their Estimated Lysine Requirement in Early and Late Finishing on Overall Performance. *Prof. Anim. Sci.* 24:76–87. doi:10.15232/S1080-7446(15)30813-5.
- Mallmann, A. L., F. B. Betiolo, E. Camilloti, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, I. Wentz, M. L. Bernardi, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2018. Two different feeding levels during late gestation in gilts and sows under commercial conditions: Impact on piglet birth weight and female reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 96:4209–4219. doi:10.1093/jas/sky297.
- Mallmann, A. L., E. Camilotti, D. P. Fagundes, C. E. Vier, A. P. G. Mellagi, R. R. Ulguim, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. Kummer, and F. P. Bortolozzo. 2019. Impact of feed intake during late gestation on piglet birth weight and reproductive performance: A dose-response study performed in gilts. *J. Anim. Sci.* 97:1262–1272. doi:10.1093/jas/skz017.
- Mallmann, A. L., G. S. Oliveira, R. R. Ulguim, A. P. G. Mellagi, M. L. Bernardi, U. A. D. Orlando, M. A. D. Gonçalves, R. J. Cogo, and F. P. Bortolozzo. 2020. Impact of feed intake in early gestation on maternal growth and litter size according to body reserves at weaning of young parity sows. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skaa075.
- Mansilla, W. D., J. K. Htoo, and C. F. M. de Lange. 2017. Replacing dietary nonessential amino acids with ammonia nitrogen does not alter amino acid profile of deposited protein in the carcass of growing pigs fed a diet deficient in nonessential amino acid nitrogen. *J. Anim. Sci.* 95:4481–4489. doi:10.2527/jas2017.1631.
- Mathai, J. K., J. K. Htoo, J. E. Thomson, K. J. Touchette, and H. H. Stein. 2016. Effects of dietary fiber on the ideal standardized ileal digestible threonine:lysine ratio for twenty-five to fifty kilogram growing gilts. *J. Anim. Sci.* 94:4217–4230. doi:10.2527/jas.2016-0680.
- Menegat, M. B., S. S. Dritz, C. M. Vier, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, and R. D. Goodband. 2018. Update on feeding strategies for the highly prolific sow. In: *49th AASV Annual Meeting*.
- Menegat, Mariana B, S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, and R. D. Goodband. 2020a. Phase-feeding strategies based on lysine specifications for grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 98. doi:10.1093/jas/skz366.



- Menegat, Mariana B., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. C. Woodworth, J. M. Derouchey, and R. D. Goodband. 2020b. A review of compensatory growth following lysine restriction in grow-finish pigs. *Transl. Anim. Sci.* 4:531–547. doi:10.1093/tas/txaa014.
- Merriman, L. A., C. L. Walk, M. R. Murphy, C. M. Parsons, and H. H. Stein. 2017. Inclusion of excess dietary calcium in diets for 100- to 130-kg growing pigs reduces feed intake and daily gain if dietary phosphorus is at or below the requirement. *J. Anim. Sci.* 95:5439–5446. doi:10.2527/jas2017.1995.
- Miller, K., and T. A. Kellner. 2020. Impact of pre-farrow feeding amount and timing on stillborn rate of sows. *J. Anim. Sci.* 98:100. doi:10.1093/jas/skaa054.173.
- Millet, S., M. Aluwé, J. De Boever, B. De Witte, L. Doudah, A. Van den Broeke, F. Leen, C. De Cuyper, B. Ampe, and S. De Campeneere. 2018. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels. *J. Anim. Sci.* 96:3824–3836. doi:10.1093/jas/sky254.
- Moeser, A. J., K. A. Ryan, P. K. Nighot, and A. T. Blikslager. 2007. Gastrointestinal dysfunction induced by early weaning is attenuated by delayed weaning and mast cell blockade in pigs. *Am. J. Physiol. Liver Physiol.* 293:G413–G421. doi:10.1152/ajpgi.00304.2006.
- Moore, K. L., B. P. Mullan, and J. C. Kim. 2013. Blend-feeding or feeding a single diet to pigs has no impact on growth performance or carcass quality. *Anim. Prod. Sci.* 53:52–56. doi:10.1071/AN12053.
- Nemechek, J. E., F. Wu, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and J. C. Woodworth. 2018. Effect of standardized ileal digestible lysine on growth and subsequent performance of weanling pigs. *Transl. Anim. Sci.* 2:156–161. doi:10.1093/tas/txy011.
- Nitikanchana, S., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, and B. J. White. 2015. Regression analysis to predict growth performance from dietary net energy in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:2826–2839. doi:10.2527/jas.2015-9005.
- Noblet, J. and J. Van Milgen. 2004. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. *J. Anim. Sci.* 82:229–238. doi:10.2527/2004.8213\_supplE229x.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Orlando, U. A. D., R. Hinson, M. Goncalves, A. D. Woodward, and N. R. Augspurger. 2018. Determination of SID Lys:ME Requirements in 129 to 149 Kg Pigs. *J. Anim. Sci.* 96:165–166. doi:10.1093/jas/sky073.305.
- Orlando, U. A. D., C. M. Vier, W. R. Cast, N. Lu, R. Navales, and S. S. Dritz. 2021. Meta-analysis to determine the standardized ileal digestible lysine requirements of growing-finishing pigs from 11- to 150-kg. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings.
- Peters, J. C., and D. C. Mahan. 2008. Effects of dietary organic and inorganic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *J. Anim. Sci.* 86:2247–2260. doi:10.2527/jas.2007-0431.
- Ribas, J., C. Vier, A. Siqueira, N Brun, N Lu, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022a. Effects of feeding levels in early gestation on PIC terminal sows and litter performance. In: ASAS Midwest Animal Science Meetings
- Ribas, J., C. Vier, A. Siqueira, N Brun, N Lu, S. Dritz, R. Navales, W. Cast, and U. Orlando. 2022b. Effects of feeding levels in early gestation on PIC maternal sows and litter
- Richards, J. D., J. Zhao, R. J. Harrell, C. A. Atwell, and J. J. Dibner. 2010. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 23:1527–1534. doi:10.5713/ajas.2010.r07.
- Rijnen, M. M. J. A., M. W. A. Verstegen, M. J. W. Heetkamp, and J. W. Schrama. 2003. Effects of two different dietary fermentable carbohydrates on activity and heat production in group-housed growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:1210–1219. doi:10.2527/2003.8151210x.
- Rochell, S. J., L. S. Alexander, G. C. Rocha, W. G. Van Alstine, R. D. Boyd, J. E. Pettigrew, and R. N. Dilger. 2015. Effects of dietary soybean meal concentration on growth and immune response of pigs infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Anim. Sci.* 93:2987–2997. doi:10.2527/jas.2014-8462.
- Rojo, G. A. 2011. Evaluation of the effects of branched chain amino acids and corn-distillers dried grains by-products on the growth performance, carcass and meat quality characteristics of pigs. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Ruhr, L. P., G. D. Osweiler, and C. W. Foley. 1983. Effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on reproductive potential in the boar. *Am. J. Vet. Res.* 44:483–485.
- Ruth, M. R., and C. J. Field. 2013. The immune modifying effects of amino acids on gut-associated lymphoid tissue. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 4:1–10. doi:10.1186/2049-1891-4-27.
- Sauber, T. E., T. S. Stahly, N. H. Williams, and R. C. Ewan. 1998. Effect of lean growth genotype and dietary amino acid regimen on the lactational performance of sows. *J. Anim. Sci.* 76:1098–1111. doi:10.2527/1998.7641098x.
- Schinckel, A. P., M. E. Einstein, S. Jungst, J. O. Matthews, C. Booher, T. Dreadin, C. Fralick, E. Wilson, and R. D. Boyd. 2012. Daily feed intake, energy intake, growth rate and measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or low metabolizable and net energy concentrations. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25:410–420. doi:10.5713/ajas.2011.11212.
- Shawk, D. J., R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, A. B. Lerner, and H. E. Williams. 2018. Effects of added dietary salt on pig growth performance. *Transl. Anim. Sci.* 2:396–406. doi:10.1093/tas/txy085.

- Shawk, D. J., M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. Derouchey, A. B. Lerner, F. Wu, C. M. Vier, M. M. Moniz, and K. N. Nemechek. 2019. Effects of sodium and chloride source and concentration on nursery pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 97:745–755. doi:10.1093/jas/sky429.
- She, Y., Q. Huang, D. Li, and X. Piao. 2017. Effects of proteinate complex zinc on growth performance, hepatic and splenic trace elements concentrations, antioxidative function and immune functions in weaned piglets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 30:1160–1167. doi:10.5713/ajas.16.0867.
- Shelton, N. W., C. R. Neill, J. M. DeRouche, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and S. S. Dritz. 2009. Effects of increasing feeding level during late gestation on sow and litter performance. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Rep.* doi:10.4148/2378-5977.6780.
- Silva, G., R. Thompson, B. Knopf, L. Greiner, J. Soto, C. M. Vier, N. Lu, and U. A. D. Orlando. 2020. Effects of metabolizable energy and standardized ileal digestible lysine levels on lactating sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 98:95–96. doi:10.1093/jas/skaa054.166.
- Skinner, L. D., C. L. Levesque, D. Wey, M. Rudar, J. Zhu, S. Hooda, and C. F. M. de Lange. 2014. Impact of nursery feeding program on subsequent growth performance, carcass quality, meat quality, and physical and chemical body composition of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 92:1044–1054. doi:10.2527/jas.2013-6743.
- Soto, J., L. Greiner, J. Connor, and G. Allee. 2011. Effects increasing feeding levels in sows during late gestation on piglet birth weights. *J. Anim. Sci.* 89:86.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, M. A. D. Gonçalves, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, M. B. Menegat, and F. Wu. 2019a. Regression analysis to predict the impact of dietary neutral detergent fiber on carcass yield in swine. *Transl. Anim. Sci.* 3:1270–1274. doi:10.1093/tas/txz113.
- Soto, J. A., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouche, R. D. Goodband, and F. Wu. 2019b. Optimal dietary standardized ileal digestible lysine and crude protein concentration for growth and carcass performance in finishing pigs weighing greater than 100 kg. *J. Anim. Sci.* 97:1701–1711. doi:10.1093/jas/skz052.
- Speight, S. M., M. J. Estienne, A. F. Harper, R. J. Crawford, J. W. Knight, and B. D. Whitaker. 2012. Effects of dietary supplementation with an organic source of selenium on characteristics of semen quality and in vitro fertility in boars. *J. Anim. Sci.* 90:761–770. doi:10.2527/jas.2011-3874.
- Stein, H. H., L. A. Merriman, and J. C. González-Vega. 2016. Establishing a digestible calcium requirement for pigs. In: C. L. Walk, I. Kühn, H. H. Stein, M. T. Kidd, and M. Rodehutschord, editors. *Phytate destruction - consequences for precision animal nutrition*. Wageningen Academic Publishers. p. 207–216. doi:10.3920/978-90-8686-836-0\_13.
- Stevermer, E. J., M. F. Kovacs, W. G. Hoekstra, and H. L. Self. 1961. Effect of Feed Intake on Semen Characteristics and Reproductive Performance of Mature Boars. *J. Anim. Sci.* 20:858–865. doi:10.2527/jas1961.204858x.
- Stähr, B., L. Rothe, and D. Waberski. 2009. *Empfehlungen zur Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung und Transport von Ebersperma Handbuch für Besamungsstationen*. Diss. med. vet. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- Stewart, K. R., C. L. Bradley, P. Wilcock, F. Domingues, M. Kleve-Feld, and J. Hundley. 2016. Superdosing phytase fed to mature boars improves semen concentration and reproductive efficiency. *J. Anim. Sci.* 94:109. doi:10.2527/msasas2016-231.
- Sulabo, R. C., J. Y. Jacela, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouche, and J. L. Nelssen. 2010. Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 88:3145–3153. doi:10.2527/jas.2009-2131.
- Sutkevičienė, N., B. Bakutis, A. Banys, B. Karvelienė, A. Rutkauskas, J. Sabeckienė, and H. Žilinskas. 2009. The effect of the estrogenic mycotoxin zearalenone on boar reproductive potential and the dynamic of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase levels in the boar blood serum. *Vet. ir Zootech.* 46:73–77.
- Thomas, L. L., M. D. Tokach, J. C. Woodworth, R. D. Goodband, S. S. Dritz, and J. M. DeRouche. 2018. Effects of Added Soybean Isoflavones in Low Crude Protein Diets on Growth and Carcass Performance of Finishing Pigs from 260 to 320 lb. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports.* 4. doi:10.4148/2378-5977.7684.
- Thompson, R., B. Knopf, C. M. Vier, L. Ning, R. C. Wayne, and U.A.D. Orlando. 2020. Evaluation of Different Vitamin Concentrations in a Commercial Wean-to-Finish Program. *J. Anim. Sci.* 98:170-171. doi:10.1093/jas/skaa054.302.
- Tokach, M. D., and R. D. Goodband. 2007. Feeding Boars for Optimum Sperm Production. In: *Proceedings of Swine Reproduction Preconference Symposium at 2007 AASV Annual Meeting*.
- Tokach, M. D., and M. A. D. Gonçalves. 2014. Impact of nutrition and other production factors on carcass quality in pigs. In: *Proc. Latin America Pork Expo. Foz do Iguacu, Brazil.* p. 9.
- Tokach, M. D., M. B. Menegat, K. M. Gourley, and R. D. Goodband. 2019. Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements. *Animal.* 13:2967–2977. doi:10.1017/S1751731119001253.



- Totafurno, A. D., L. A. Huber, W. D. Mansilla, D. Wey, I. B. Mandell, and C. F. M. De Lange. 2019. The effects of a temporary lysine restriction in newly weaned pigs on growth performance and body composition. *J. Anim. Sci.* 97:3859–3870. doi:10.1093/jas/skz196.
- Touchette, K., R. Hinson, and M. Goncalves. 2018. 49 Determination of Sid Val: Lys Requirements in Lactating Sows. *J. Anim. Sci.* 96:26–27. doi:10.1093/jas/sky073.047.
- Tous, N., R. Lizardo, B. Vilà, M. Gispert, M. Font-i-Furnols, and E. Esteve-Garcia. 2014. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 92:129–140. doi:10.2527/jas.2012-6222.
- Tuffo, L. Del, M. D. Tokach, C. K. Jones, J. M. DeRouchey, and R. D. Goodband. 2019. Evaluation of different vitamin concentrations on grow-finish pig growth and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 97:108–109. doi:10.1093/jas/skz122.192.
- Underwood, E. J., and F. Suttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd ed. CAB International, Wallingford, UK.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, and J. C. Woodworth. 2019a. Effects of standardized total tract digestible phosphorus on growth performance of 11- to 23-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4032–4040. doi:10.1093/jas/skz255.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, K. Chitakasempornkul, and J. C. Woodworth. 2019b. Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24-to 130-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 97:4023–4031. doi:10.1093/jas/skz256.
- Vier, C. M., S. S. Dritz, M. D. Tokach, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, J. R. Bergstrom, and J. C. Woodworth. 2019c. Calcium to phosphorus ratio requirement of 26-to 127-kg pigs fed diets with or without phytase. *J. Anim. Sci.* 97:4041–4052. doi:10.1093/jas/skz257.
- Wähner, M., M. Geyer, G. Hallfarth, and U. Hühn. 2004. Der einfluss von zulagen einer vitaminemulsion mit L-Carnitin auf die spermaeigenschaften von besamungsebern. *Zuchtungskunde.* 76:196–207.
- Whang, K. Y., F. K. McKeith, S. W. Kim, and R. A. Easter. 2000. Effect of starter feeding program on growth performance and gains of body components from weaning to market weight in swine. *J. Anim. Sci.* 78:2885–2895. doi:10.2527/2000.78112885x.
- Whitney, M. H., and C. Masker. 2010. Replacement gilt and boar nutrient recommendations and feeding management. *Pork Information Gateway*. Available from: <https://porkgateway.org/resource/replacement-gilt-and-boar-nutrient-recommendations-and-feeding-management/>.
- Wolter, B. F., M. Ellis, B. P. Corrigan, J. M. DeDecker, S. E. Curtis, E. N. Parr, and D. M. Webel. 2003. Impact of early postweaning growth rate as affected by diet complexity and space allocation on subsequent growth performance of pigs in a wean-to-finish production system. *J. Anim. Sci.* 81:353–359. doi:10.2527/2003.812353x.
- Wu, D., Ai-rong, Z., Yan, L., Sheng-yu, X., Hai-yan, G. and Yong, Z., 2009. Effect of feeding allowance level on embryonic survival, IGF-1, insulin, GH, leptin and progesterone secretion in early pregnancy gilts. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 93(5), pp.577-585.
- Wu, F., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. C. Woodworth, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, and J. R. Bergstrom. 2018. Effects of dietary calcium to phosphorus ratio and addition of phytase on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 96:1825–1837. doi:10.1093/jas/sky101.
- Xue, L., X. Piao, D. Li, P. Li, R. Zhang, S. Kim, and B. Dong. 2012. The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 3:11. doi:10.1186/2049-1891-3-11.
- Yang, H., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, G. C. Shurson, and R. D. Walker. 2000. Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. *J. Anim. Sci.* 78:348–357. doi:10.2527/2000.782348x.

## Sección U

# Reconocimientos

Un agradecimiento especial a las siguientes personas por sus contribuciones a través de numerosos ensayos de investigación y su tiempo dedicado a revisar las pautas de nutrición y alimentación de PIC®:

Alexandre Gomes Rocha (Aurora Alimentos, Brazil)  
Annie Clark (Schwartz farms, USA)  
Fangzhou Arkin Wu (Pipestone, USA/China)  
Carlos Kippert Jr. (BRF, Brazil)  
Fernando Bortolozzo (Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil)  
Gonzalo Castro (Consultant, Chile)  
Jose Soto (Ajinomoto, USA)  
Keysuke Muramatsu (JBS Foods, Brazil)  
Kyle Coble (JBS Foods, USA)  
Laura Greiner (Iowa State University, USA)  
Malachy Young (Gowans, Canada)  
Melissa Hannas (Federal University of Viçosa, Brazil)  
Merlin Lindemann (University of Kentucky, USA)  
Mick Hazzledine (AB Agri, UK)  
Mike Tokach (Kansas State University, USA)  
Pau Aymerich (Vall Companys, Spain)  
Rommel Sulabo (University of the Philippines, Philippines)  
Simon Turner (Roslin Institute, UK)  
Sung Woo Kim (North Carolina State University, USA)  
Tom Crenshaw (University of Wisconsin, USA)  
Wenye Zhang (Shiyang Group, China)

Adicionalmente, queremos agradecer a Leopoldo Almeida (estudiante de doctorado, Universidad Federal de Paraná, Brasil) por organizar y cotejar todas las referencias.



Nunca  
Dejamos  
de Mejorar

**PIC North America**

100 Bluegrass Commons Blvd., Suite 2200 | Hendersonville, TN 37075 | 800-325-3398 | [www.PIC.com](http://www.PIC.com) | [pic.info@genusplc.com](mailto:pic.info@genusplc.com)