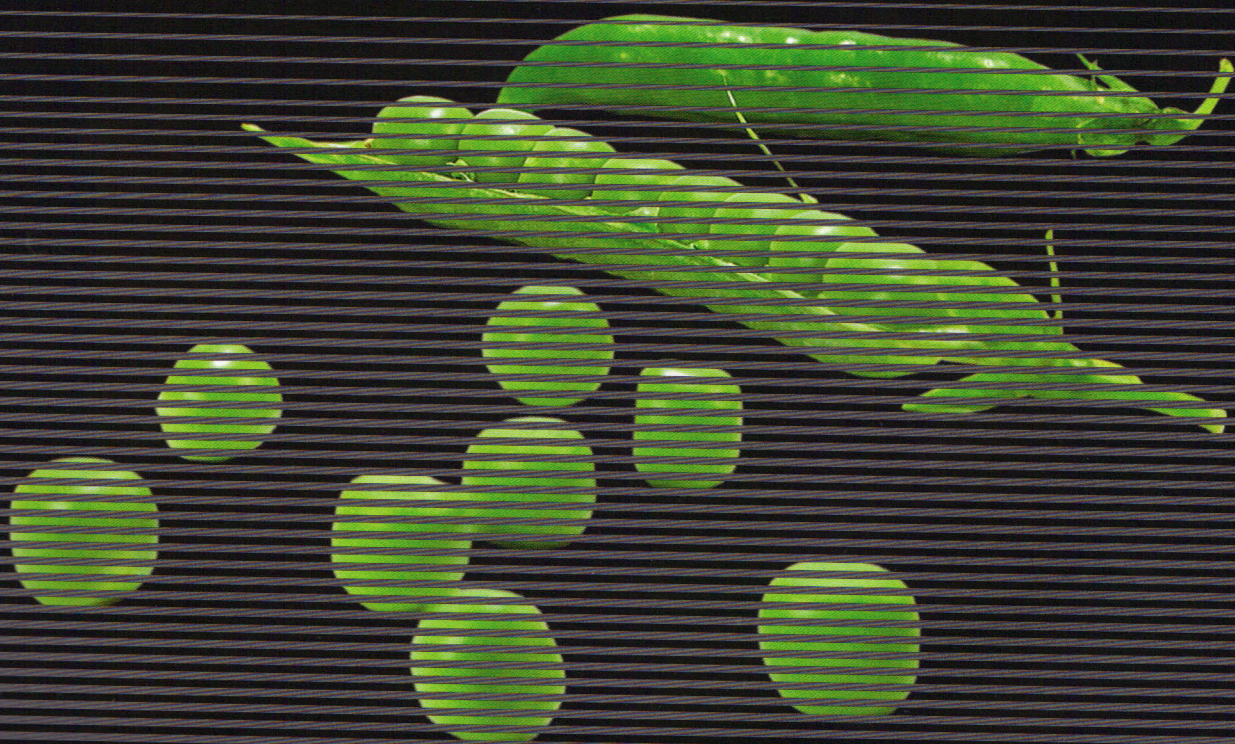


# Materias primas alternativas en nutrición porcina

Con el incremento de los precios de las materias primas durante los últimos años, los productores de porcino han comenzado a emplear ingredientes alternativos en sus formulaciones para reducir el coste de la dieta. Algunos ejemplos de ingredientes alimentarios alternativos que se están empleando en la actualidad son granos secos de destilería con solubles (DDGS), que es un subproducto de la industria del etanol, y guisantes, que crecen en muchas partes del mundo. Sin embargo, las nuevas variedades de soja y nuevas tecnologías de procesamiento para la harina de soja también permiten nuevos usos de sus derivados en las dietas porcinas, particularmente en raciones de cerdos de transición, en las que tradicionalmente los derivados de la soja se han incluido en bajos niveles.





## 1. Guisantes

2. Granos secos de  
destilería con solubles3. Nuevos derivados  
de la soja

Hans H. Stein

Department of Animal  
Sciences  
University of Illinois

Imágenes Suis

# Guisantes de campo

En Canadá, Australia y Europa Occidental el uso de guisantes para porcino se ha incrementado durante los últimos 25 años, mientras que en Estados Unidos está menos extendido. Este artículo resume los conocimientos actuales sobre inclusión de guisantes en dietas para cerdos.

Todos los guisantes pertenecen a la misma especie botánica: *Pisum sativum* L. En la alimentación de porcinos, sólo se utilizan los guisantes recogidos en la madurez. Tales guisantes se designan habitualmente “guisantes de campo” o “guisantes secos”, y tienen semillas redondas. Sin embargo, los que se comercializan enlatados pueden tener semillas arrugadas.

La composición química de los arrugados es diferente de la de los redondos. Los guisantes de campo pueden tener semillas blancas o verdes, pero esto no influye en su valor nutricional. Los guisantes con flores de color contienen factores antinutricionales denominados taninos, lo que no ocurre en guisantes de flores blancas. En Estados Unidos sólo se cultivan las variedades de flores blancas, aunque los guisantes producidos en Australia pueden dar lugar a variedades de flores con color.

La mayoría de los que se cultivan en Estados Unidos son variedades de primavera, los cuales tienen concentraciones más bajas de inhibidores de la tripsina que los de invierno, pero variedades más nuevas de estos últimos también tienen bajas concentraciones de inhibidores de la tripsina, y pueden tener el mismo valor nutricional que los de primavera en alimentación porcina.

## COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES Y ENERGÍA. DIGESTIBILIDAD

Pocas investigaciones se han llevado a cabo en Estados Unidos sobre la digestibilidad de energía y nutrientes en los guisantes de campo para cerdos. Sin embargo, sí se ha trabajado bastante en el tema en las últimas décadas en Francia y Canadá.

### Digestibilidad de los aminoácidos

Los guisantes de campo tienen una moderada concentración de proteína bruta. La proteína del guisante tiene una cantidad relativamente elevada de lisina, pero baja concentración de metionina, cisteína y triptófano en comparación con la proteína de la soja (tabla 1).

La digestibilidad ileal de la mayoría de los aminoácidos en los guisantes de campo que se cultivan en Estados Unidos es comparable a la digestibilidad de los aminoácidos en la harina de soja (Stein *et al.*, 2004; Stein y Bohlke, 2007).

Los valores de digestibilidad para los aminoácidos en los que se cultivan en Estados Unidos coinciden con los publicados de guisantes cultivados en Europa (Grala *et al.*, 1999), Australia (van Barneveld y Batterham, 1994) y Canadá (Fan y Sauer, 1995; 1999). La razón por la que ciertos aminoácidos tienen digestibilidad más baja que otros puede estar relacionada con su localización dentro de la semilla. La albúmina, que tiene una relativamente elevada concentración de metionina, treonina y triptófano, es menos digestible que otras proteínas de la semilla (le Guen *et al.*, 1995). Esto puede explicar por qué se han encontrado digestibilidades más bajas para estos aminoácidos.

El efecto del tratamiento térmico sobre la digestibilidad de los aminoácidos ha sido investigado en algunos experimentos. Para guisantes de campo que se cultivan en Canadá y en Estados Unidos, se han encontrado mejoras de 4 a 6 unidades de porcentaje en las digestibilidades ileales aparentes y estandarizadas para la mayoría de los aminoácidos como resultado de la extrusión o micronización (Owusu-Asiedu *et al.*, 2002; Stein y Bohlke, 2007).

Los aminoácidos que tienen la digestibilidad más baja en guisantes crudos (es decir, la metionina, treonina y triptófano) muestran la mayor mejora en digestibilidad con tratamiento térmico.

### Digestibilidad de carbohidratos

La fracción de carbohidratos en los guisantes que se cultivan en Europa consiste principalmente en sacarosa (3-4%),  $\alpha$ -galactosidasas (3-4%), almidón (40-45%) y polisacáridos no amiláceos (15-20%), mientras que la concentración de lignina es menor del 1% (Bengala Freire *et al.* 1991; Canibe

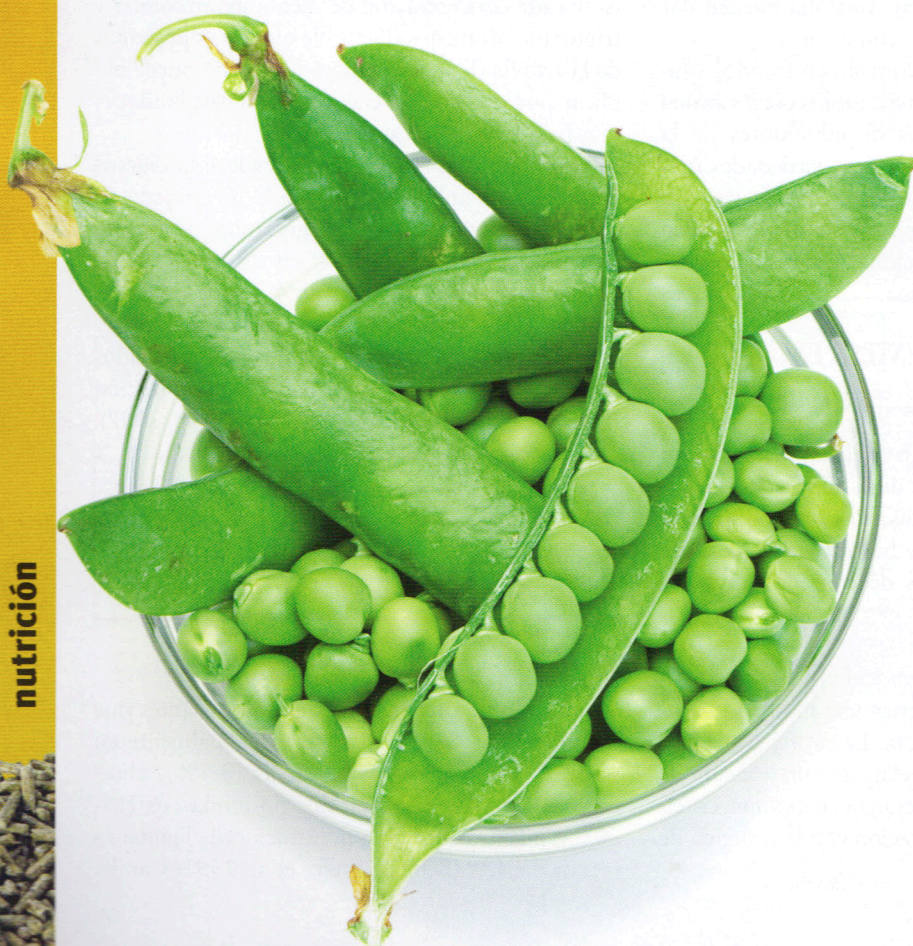


**Tabla 1. Composición en aminoácidos de la proteína y digestibilidad de aminoácidos y proteínas en guisantes de campo y harina de soja (como base de administración)<sup>a</sup>.**

| Ingrediente    | Guisantes de campo |                     |                  | Harina de soja   |                     |                  |
|----------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|
|                | % de ingrediente   | % de proteína cruda | DIE <sup>b</sup> | % de ingrediente | % de proteína cruda | DIE <sup>b</sup> |
| Nutriente      |                    |                     |                  |                  |                     |                  |
| Proteína cruda | 22,8               | 100                 | 79,9             | 47,5             | 100                 | 84,5             |
| Arginina       | 1,87               | 8,20                | 92,8             | 3,48             | 7,32                | 93,0             |
| Histidina      | 0,54               | 2,37                | 88,3             | 1,28             | 2,70                | 89,7             |
| Isoleucina     | 0,86               | 3,77                | 83,4             | 2,16             | 4,55                | 86,3             |
| Leucina        | 1,51               | 6,62                | 85,7             | 3,66             | 7,71                | 86,1             |
| Lisina         | 1,50               | 6,58                | 88,1             | 3,02             | 6,36                | 88,4             |
| Metionina      | 0,21               | 0,92                | 77,9             | 0,67             | 1,41                | 89,1             |
| Cisteína       | 0,31               | 1,36                | 67,3             | 0,74             | 1,56                | 83,9             |
| Fenilalanina   | 0,98               | 4,30                | 86,9             | 2,39             | 5,05                | 86,9             |
| Tirosina       | 0,71               | 3,11                | 84,7             | 1,82             | 3,83                | 87,2             |
| Treonina       | 0,78               | 3,42                | 80,2             | 1,85             | 3,90                | 85,9             |
| Triptófano     | 0,19               | 0,83                | 54,3             | 0,65             | 1,37                | 78,5             |
| Valina         | 0,98               | 4,30                | 78,2             | 2,27             | 4,78                | 82,7             |

<sup>a</sup> Los datos de la concentración y composición de aminoácidos provienen del NRC (1998). Los datos para la DIE de la proteína y los aminoácidos son de Stein *et al.*, 2004.

<sup>b</sup> DIE = digestibilidad ileal estandarizada (%).



y Bach Knudsen, 1997). Datos recientes de nuestro laboratorio indican que la concentración de almidón y polisacáridos no amiláceos en guisantes de campo de Estados Unidos es similar a los valores demostrados para las variedades que crecen en Europa (Stein y Bohlke, 2007). La digestibilidad ileal aparente de la sacarosa es casi del 100%, mientras que la del almidón en los guisantes que se cultivan en Europa está entre el 85 y el 97% (Bengala Freire *et al.*, 1991; Canibe y Bach Knudsen, 1997). En guisantes americanos crudos, la digestibilidad ileal aparente del almidón es aproximadamente del 90% (tabla 2), pero este valor se ve incrementado hasta aproximadamente el 95% si los guisantes de campo son extrusionados a 115-155 °C (Stein y Bohlke, 2007).

La mejora en la digestibilidad del almidón después de la extrusión también se ha demostrado en guisantes europeos (Sun *et al.*, 2006). Las  $\alpha$ -galactósidos (es decir, la rafiosa, estaquiosa y verbascosa) requieren la enzima  $\alpha$ -galactosidasa para la digestión. Esta enzima no es sintetizada por mamíferos, pero hay algo de  $\alpha$ -galactosidasa intrínseca presente en los guisantes. Los microorganismos intestinales pueden también producir esta enzima; las  $\alpha$ -galactosidasas son, por tanto, relativamente bien



**Tabla 2. Efectos de la extrusión sobre la digestibilidad (%) del almidón, FND, FAD y energía en guisantes de campo administrados a cerdos de cebo<sup>a</sup>.**

|                                              | Extrusión |       |        |       | EEM <sup>b</sup> | Valor-P       |                   |
|----------------------------------------------|-----------|-------|--------|-------|------------------|---------------|-------------------|
| Parámetro                                    | Ninguna   | 75 °C | 115 °C | 155°C | -                | Efecto lineal | Efecto cuadrático |
| Digestibilidad ileal aparente                |           |       |        |       |                  |               |                   |
| Almidón                                      | 89,8      | 92,1  | 94,7   | 95,9  | 0,79             | 0,001         | 0,50              |
| Energía                                      | 71,5      | 76,4  | 79,3   | 79,0  | 1,43             | 0,001         | 0,09              |
| Digestibilidad aparente del tracto digestivo |           |       |        |       |                  |               |                   |
| Almidón                                      | 99,2      | 99,6  | 99,7   | 98,6  | 0,45             | 0,50          | 0,20              |
| FND                                          | 81,3      | 85,2  | 86,3   | 73,2  | 6,83             | 0,50          | 0,30              |
| FAD                                          | 79,5      | 83,2  | 84,8   | 71,9  | 7,71             | 0,62          | 0,38              |
| Energía                                      | 89,0      | 91,8  | 93,3   | 91,7  | 0,78             | 0,02          | 0,01              |

<sup>a</sup> Datos de Stein y Bohlke, 2007 (N = 6).

<sup>b</sup> EEM = error estándar de la media.

digeridas por el ganado porcino y tienen una digestibilidad ileal aparente del 78% (Bengala Freire *et al.*, 1991). Los polisacáridos no amiláceos (es decir, la fibra ácido detergente y la fibra neutro detergente) tienen una baja digestibilidad en el intestino delgado pero, debido a la fermentación microbiana en el intestino grueso, la digestibilidad total del tracto digestivo de los polisacáridos no amiláceos está entre el 80 y el 87% en guisantes de campo crudos y extrusionados (Canibe y Bach Knudsen, 1997; Stein y Bohlke, 2007; *tabla 2*).

#### Digestibilidad del fósforo

Los guisantes de campo contienen aproximadamente un 0,40% de fósforo (NRC, 1998; Stein *et al.*, 2006a). Del total de la concentración de fósforo, entre el 45 y el 52% está ligado en el complejo de fitatos y, por tanto, tiene una baja digestibilidad por parte del porcino y las aves. Sin embargo, el fósforo no ligado es muy digestible y la digestibilidad global del fósforo en los guisantes de campo americanos administrados a cerdos de cebo es del 55% (*tabla 3*). Para guisantes cultivados en Europa, los valores de digestibilidad total aparente van

del 42 al 51% (Jongbloed y Kemme, 1990; Helander *et al.*, 1996).

Sin embargo, la digestibilidad del fósforo puede mejorarse en 10-15 unidades de porcentaje si se añade fitasa microbiana a dietas que contienen guisantes de campo (Helander *et al.*, 1996; Stein *et al.*, 2006a; *tabla 3*).

Por tanto, la digestibilidad del fósforo en los guisantes es considerablemente mayor que en el maíz y la harina de soja y la adición de guisantes de campo a las dietas reducirá la necesidad de fuentes inorgánicas de fósforo. La excreción de este mineral en los purines también será reducida si se incluyen guisantes de campo en las fórmulas.

#### Digestibilidad de la energía

La concentración de energía bruta en los guisantes de campo que se cultivan en Estados Unidos es comparable con la del maíz (Stein *et al.*, 2004). Así mismo, la digestibilidad de la energía y la concentración de energía digestible (ED) en guisantes

**Tabla 3. Digestibilidad aparente del tracto digestivo (DATD) del calcio y el fósforo en guisantes de campo sin y con fitasas microbianas añadidas<sup>a</sup>.**

|                   | Guisantes sin fitasa | Guisantes con fitasa <sup>b</sup> | EEM <sup>c</sup> | valor-P |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------|---------|
| DATD, calcio (%)  | 72,8                 | 78,1                              | 3,39             | 0,07    |
| DATD, fósforo (%) | 55,0                 | 65,9                              | 4,64             | 0,004   |

<sup>a</sup> Datos (N = 6) de Stein *et al.* (2006a).

<sup>b</sup> Fitasa microbiana (Rhonozyme, DSM, Passippani, NJ) añadida en la cantidad de 695 unidades por kg (315 unidades por libra) de la dieta.

<sup>c</sup> EEM = error estándar de la media.



Tabla 4. Concentración de energía en guisantes de campo y maíz<sup>a</sup>.

|                                                | Guisantes | Maíz  | EEM <sup>b</sup> | valor-P |
|------------------------------------------------|-----------|-------|------------------|---------|
| Energía digestible aparente en MS (kcal/kg MS) | 3,864     | 3,879 | 27               | 0,68    |
| Energía metabolizable in MS (kcal/kg MS))      | 3,741     | 3,825 | 24               | 0,04    |

<sup>a</sup> Datos (N = 6) de Stein *et al.* (2004); <sup>b</sup> EEM = Error estándar de la media.

no son diferentes a las del maíz (tabla 4). El valor para ED en guisantes de campo cultivados en Estados Unidos (3,864 kcal ED por kg MS) es también comparable con los valores mostrados para los cultivados en Canadá (3,862 kcal ED por kg MS; Zijlstra *et al.*, 1998) y en Europa (3,904 kcal ED por kg MS; Grosjean *et al.*, 1998). Sin embargo, la concentración de energía metabolizable en guisantes de campo es ligeramente más baja que en el maíz.

Como se mostraba en la tabla 2, la digestibilidad de la energía puede mejorar en 2-3 unidades de porcentaje si los guisantes de campo son extrusionados antes de la administración del alimento.

### INCLUSIÓN DE GUISANTES DE CAMPO EN DIETAS PARA PORCINO

Se han publicado varios experimentos en los que se han investigado los efectos de los guisantes en dietas administradas al porcino. Aunque las condiciones pueden variar, los resultados de estos experimentos indican que los cerdos los toleran bien y que su inclusión no tiene influencia negativa sobre la palatabilidad de la dieta.

#### Guisantes de campo administrados a lechones destetados

Los guisantes administrados a los lechones destetados han sido incluidos en cantidades de hasta el 18-20% sin que cambie el rendimiento de los cerdos (Landblom y Poland, 1998; Stein *et al.*, 2004). La investigación llevada a cabo utilizando guisantes canadienses indican que la inclusión de un 30% de guisantes de campo en dietas administradas a lechones destetados dio lugar a un menor índice de conversión durante las dos semanas iniciales después del destete, pero no durante el periodo de transición (Owusu-Asiedu *et al.*, 2002). Sin embargo, investigaciones recientes en nuestro laboratorio mostraron que los guisantes pueden incluirse en las dietas administradas a lechones destetados desde las dos semanas posdestete en cantidades de hasta el 60% sin influir en el rendimiento porcino (tabla 5), siempre que las dietas sean formuladas cuidadosamente basándose en valores de digestibilidad ileal estandarizados para todos los aminoácidos indispensables (Stein y Peters, 2008).

Basándose en estos resultados, se recomienda que los guisantes no se incluyan en dietas administradas a lechones destetados durante las dos semanas iniciales posteriores al destete, pero tras este periodo los guisantes pueden incluirse en las dietas sin afectar de forma negativa al rendimiento de los cerdos hasta porcentajes del 60%.

#### Guisantes de campo administrados a cerdos de cebo-finalización

Los guisantes cultivados en Estados Unidos se han incluido en dietas administradas a cerdos de cebo-finalización (22-110 kg) a un nivel de entre el 36 y el 45% sin impacto negativo sobre el rendimiento porcino, porcentaje de *dressing* o composición de la canal (Landblom, 2002; Stein *et al.*, 2004). En un experimento más reciente se incluyeron guisantes de campo en el periodo de cebo (25-50 kg) a un 66%, al inicio del periodo de acabado (50-85 kg) a un 48% y durante el final del periodo de acabado (85-125 kg) a un 36% (Stein *et al.*, 2006b). A estos niveles de inclusión, toda la harina de soja de las dietas se reemplazó por guisantes de campo. El rendimiento de los cerdos alimentados con estas dietas se comparó con el de los cerdos que recibieron una dieta





Tabla 5. Rendimiento productivo de lechones destetados alimentados con dietas con guisantes de campo<sup>a,b</sup>.

| Parámetro                        | Guisantes de campo (%) |       |       |       |       |       | EEM <sup>c</sup> | valor P- |            |
|----------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|----------|------------|
|                                  | 0                      | 12    | 24    | 36    | 48    | 60    |                  | Lineal   | Cuadrático |
| Peso inicial (kg)                | 8,94                   | 8,92  | 8,92  | 8,92  | 8,95  | 8,94  | 0,73             | 0,99     | 0,98       |
| Peso final (kg)                  | 24,36                  | 24,99 | 23,78 | 24,27 | 22,80 | 23,85 | 1,62             | 0,53     | 0,94       |
| Ganancia media diaria (g)        | 551                    | 574   | 530   | 548   | 494   | 532   | 34               | 0,28     | 0,92       |
| Ingestión media diaria (g)       | 930                    | 933   | 944   | 913   | 884   | 915   | 58               | 0,61     | 0,97       |
| Índice de conversión medio (g/g) | 0,59                   | 0,61  | 0,56  | 0,61  | 0,56  | 0,59  | 17               | 0,28     | 0,86       |

<sup>a</sup> Datos de Stein y Peters (2008).<sup>b</sup> Cada media representa siete observaciones con cuatro cerdos por corral.<sup>c</sup> EEM = error estándar de la media.

control basada en harina de soja o dietas que contenían maíz, harina de soja y un 36% de guisantes en las tres fases. Los resultados de este experimento mostraron que el rendimiento del porcino no se vio influenciado por la inclusión de guisantes de campo en las dietas. Esto fue cierto para las tres fases (datos no mostrados) y en global para todo el experimento (tabla 6). Además, no hubo efectos negativos de los guisantes sobre la composición y la calidad de la ca-

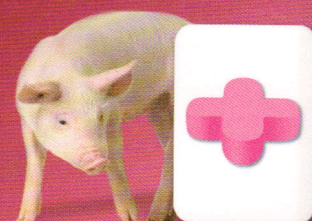
nal, la palatabilidad de las costillas o los productos de los cerdos que recibieron estas dietas.

Se concluye, por tanto, que los guisantes de campo pueden incluirse en dietas basadas en maíz administradas a cerdos de cebo-acabado a los niveles precisos para proporcionar todos los aminoácidos necesarios.

**Para una flexibilidad única  
en formulación...**

**...saque su triunfo**

**Rovabio<sup>®</sup> excel**  
The versatile enzyme



- Eficaz en todas las dietas
- Buen rendimiento en todas las especies
- Fácil de utilizar - dosis única
- Disponible en polvo, líquido y forma protegida

**ADISSEO**  
A Bluestar Company

Adding Difference



Tabla 6. Rendimiento y calidad de la canal de cerdos de cebo-acabado que reciben dietas con o sin guisantes de campo<sup>a,b</sup>.

| Guisantes (%) <sup>c</sup>                     | 0/0/0 | 36/36/36 | 66/48/36 | SEM <sup>d</sup> | valor-P |
|------------------------------------------------|-------|----------|----------|------------------|---------|
| Respuesta                                      |       |          |          |                  |         |
| Peso inicial (kg)                              | 22,9  | 22,7     | 22,7     | 0,55             | 0,49    |
| Ingestión media diaria (kg)                    | 2,74  | 2,60     | 2,82     | 0,079            | 0,12    |
| Ganancia media diaria (kg)                     | 0,872 | 0,860    | 0,889    | 0,0247           | 0,59    |
| Índice de conversión medio (kg/kg)             | 0,319 | 0,332    | 0,318    | 0,0087           | 0,38    |
| Peso final (kg)                                | 129,0 | 124,1    | 129,2    | 3,18             | 0,59    |
| Dressing (%)                                   | 76,2  | 75,4     | 75,8     | 0,34             | 0,20    |
| Profundidad del <i>Longissimus</i> (cm)        | 6,17  | 5,92     | 6,08     | 0,087            | 0,21    |
| Área del <i>Longissimus</i> (cm <sup>2</sup> ) | 46,1  | 44,5     | 46,3     | 0,860            | 0,36    |
| Grasa de la 10ª costilla dorsal (cm)           | 2,32  | 2,40     | 2,41     | 0,134            | 0,81    |
| Carne magra (%)                                | 51,8  | 51,0     | 51,3     | 0,636            | 0,67    |
| Puntuación veteado                             | 1,07  | 1,07     | 1,04     | 0,089            | 0,97    |
| pH <i>Longissimus</i>                          | 5,42  | 5,41     | 5,44     | 0,046            | 0,37    |
| Pérdidas por goteo (%)                         | 3,38  | 2,51     | 1,95     | 0,322            | 0,02    |
| Terneza de costillas <sup>e</sup>              | 5,50  | 5,57     | 5,47     | 0,253            | 0,92    |
| Jugosidad de costillas <sup>f</sup>            | 5,30  | 5,46     | 5,27     | 0,159            | 0,65    |
| Jugosidad de hamburguesa <sup>f</sup>          | 5,59  | 5,55     | 5,48     | 0,195            | 0,93    |

<sup>a</sup> Datos de Stein *et al.* (2006b).<sup>b</sup> Cada media representa ocho observaciones con dos cerdos por corral.<sup>c</sup> Las cifras representan el índice de inclusión (%) de guisantes en dietas administradas desde los 22 hasta los 50 kg, 50 a 85 kg, y 85 a 125 kg, respectivamente.<sup>d</sup> EEM = error estándar de la media.<sup>e</sup> Puntuación de terneza: 8 = extremadamente tierna; 1 = extremadamente dura.<sup>f</sup> Puntuación de jugosidad: 8 = extremadamente jugosa; 1 = extremadamente seca.

### Guisantes de campo para reproductores

Trabajos de investigación llevados a cabo en la Universidad de Dakota del Norte sugieren que la inclusión de un 10% de guisantes de campo en la dieta de cerdas lactantes da lugar a mayor ganancia de la camada y una tendencia a reducir la mortalidad de los cerdos durante el periodo de lactación (Landblom, 2002). No existen datos disponibles de estudios en los que los guisantes de campo cultivados en Estados Unidos hayan sido administrados a cerdas gestantes. Sin embargo, datos de Francia sugieren que la inclusión de este producto a un 16% en dietas para gestantes y un 24% en dietas para lactantes no tuvo efectos negativos en el rendimiento de cerdas o lechones (Gatel *et al.*, 1987). Resultados de Alemania indican que si los guisantes de campo se incluyen en dietas para cerdas gestantes y lactantes a niveles del 10 o el 20%, no afectan al rendimiento reproductivo de la cerda.

Sin embargo, si el nivel de inclusión era del 30%, el rendimiento de las cerdas se redujo (von Leitgeb *et*

*al.*, 1994). No hay datos disponibles sobre los tipos de guisantes de campo utilizados en el último estudio o sobre la concentración de factores antinutricionales en los guisantes. Si éstos contienen una relativamente elevada concentración de factores inhibidores de la tripsina u otros factores antinutricionales, podría explicarse por qué se obtuvieron algunos resultados negativos al nivel de inclusión más elevado de los guisantes de campo. Basado en los resultados anteriores, la conclusión es que los guisantes pueden ser utilizados en dietas administradas a cerdas gestantes y lactantes a un nivel de inclusión de hasta el 20%.

### FORMULACIÓN DE DIETAS CON GUI SANTES DE CAMPO

Los cerdos tienen requerimientos para ciertos niveles de aminoácidos indispensables digestibles y para fósforo digestible en la dieta. Los requisitos para aminoácidos y fósforo están determinados



por el estadio fisiológico del animal; es decir, el estadio de crecimiento de un cerdo de cebo o el estadio reproductivo de un animal reproductor (NRC, 1998). Cuando se formulan las dietas, es necesario cumplir los requisitos para todos los aminoácidos indispensables.

En dietas basadas en harina de soja-maíz, la lisina y el triptófano son, con frecuencia, los primeros aminoácidos limitantes. Si los requisitos para estos dos aminoácidos se cumplen, los de otros aminoácidos indispensables también se suelen cumplir.

La lisina y el triptófano son asimismo los primeros aminoácidos limitantes en dietas basadas en maíz y guisantes de campo. Sin embargo, debido a las relativamente bajas concentraciones de metionina, cisteína y treonina digeribles en los guisantes de campo, es también necesario prestar mucha atención a las concentraciones de estos aminoácidos en las dietas si se utilizan los guisantes y es, con frecuencia, necesario incluir fuentes cristalinas de metionina, treonina y triptófano para formular una dieta equilibrada para todos los aminoácidos indispensables.

En contraste, la inclusión de lisina cristalina y fuentes inorgánicas de fósforo puede reducirse debido a las relativamente elevadas concentraciones de estos nutrientes en los guisantes de campo. Como regla, un 3% de guisantes de campo reemplazarán aproximadamente a un 2% de maíz y un 1% de harina de soja en dietas administradas a porcino si las fuentes cristalinas de metionina, treonina y triptófano se incluyen para equilibrar los aminoácidos indispensables. Al mismo tiempo,

el nivel de inclusión de lisina cristalina y fosfato monocálcico (o fosfato dicálcico) disminuye. En experimentos en los que los guisantes se incluyen con éxito en los alimentos administrados al porcino, se siguieron estos principios en la formulación de las dietas.

En algunas experiencias en las que se han utilizado guisantes sin incluir aminoácidos cristalinos de manera apropiada, los resultados de rendimiento han sido pobres. Sin embargo, una vez que los aminoácidos indispensables en las dietas se equilibran, este problema mejora y se reestablece el rendimiento normal de los cerdos.

### Ejemplo

Se formularon dietas para cerdos de cebo (es decir, de 20 a 50 kg) utilizando harina de soja y maíz: maíz, harina de soja y guisantes; o maíz y guisantes de campo (tabla 7). Todas las dietas fueron formuladas para cumplir los requisitos mínimos de fósforo digerible y aminoácidos digeribles (NRC, 1998). El calcio, la sal, las vitaminas y los microminerales se incluyeron a niveles similares en todas las dietas. Según se observa en la tabla 7, si la concentración de guisantes en la dieta aumenta, las fuentes cristalinas de metionina, treonina y triptófano son necesarias para cumplir los requisitos para estos aminoácidos, mientras que los niveles de inclusión de lisina cristalina y fosfato monocálcico se reducen.

Siguiendo estos principios, se formularon dietas con iguales concentraciones de aminoácidos digeribles indispensables y de fósforo digerible. Las dietas, por tanto, darán rendimientos iguales.





Tabla 7. Ejemplo de formulaciones de dietas para cerdos de cebo utilizando guisantes de campo<sup>a,b</sup>.

|                                   | Requisitos NRC <sup>c</sup> | Harina maíz-soja | Maíz-harina de soja-guisantes | Maíz-guisantes |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|
| Ingredientes (%)                  |                             |                  |                               |                |
| Maíz                              | -                           | 73,00            | 49,64                         | 34,55          |
| Harina de soja (48%)              | -                           | 21,40            | 9,00                          | -              |
| Guisantes                         | -                           | -                | 36,00                         | 60,00          |
| Grasa blanca                      | -                           | 3,00             | 2,90                          | 2,93           |
| Caliza                            | -                           | 0,95             | 1,05                          | 1,15           |
| Fosfato monocálcico               | -                           | 0,92             | 0,65                          | 0,50           |
| L-lisina HCL                      | -                           | 0,13             | 0,02                          | -              |
| DL-metionina                      | -                           | -                | 0,07                          | 0,14           |
| L-treonina                        | -                           | -                | 0,03                          | 0,06           |
| L-triptófano                      | -                           | -                | 0,04                          | 0,07           |
| Sal                               | -                           | 0,40             | 0,40                          | 0,40           |
| Premezcla de vitaminas            | -                           | 0,05             | 0,05                          | 0,05           |
| Premezcla de microminerales       | -                           | 0,15             | 0,15                          | 0,15           |
| Energía y nutrientes <sup>d</sup> |                             |                  |                               |                |
| Energía (kcal EM/kg)              | -                           | 3,472            | 3,472                         | 3,472          |
| DIE proteína (%)                  | -                           | 13,44            | 13,46                         | 13,21          |
| Calcio (%)                        | 0,60                        | 0,61             | 0,60                          | 0,60           |
| Fósforo (%)                       | -                           | 0,55             | 0,48                          | 0,44           |
| Fósforo digestible (%)            | 0,23                        | 0,23             | 0,23                          | 0,23           |
| DIE arginina (%)                  | 0,33                        | 0,94             | 1,08                          | 1,16           |
| DIE histidina (%)                 | 0,26                        | 0,39             | 0,38                          | 0,36           |
| DIE isoleucina (%)                | 0,45                        | 0,59             | 0,55                          | 0,52           |
| DIE leucina (%)                   | 0,83                        | 1,36             | 1,21                          | 1,09           |
| DIE lisina (%)                    | 0,83                        | 0,83             | 0,83                          | 0,86           |
| DIE metionina (%)                 | 0,22                        | 0,24             | 0,26                          | 0,29           |
| DIE metionina + cisteína (%)      | 0,47                        | 0,50             | 0,47                          | 0,47           |
| DIE fenilalanina (%)              | 0,49                        | 0,71             | 0,67                          | 0,63           |
| DIE treonina (%)                  | 0,52                        | 0,52             | 0,52                          | 0,52           |
| DIE triptófano (%)                | 0,15                        | 0,16             | 0,15                          | 0,15           |
| DIE valina (%)                    | 0,56                        | 0,68             | 0,63                          | 0,58           |

<sup>a</sup> Dietas formuladas para cerdos de cebo (20 – 50 kg).

<sup>b</sup> Las dietas fueron formuladas basándose en contenidos metabolizables de energía (EM), concentraciones de aminoácidos digestibles ileales estandarizadas, y concentraciones digestibles aparentes del tracto digestivo en maíz, harina de soja y guisantes de campo. Todos los datos para el maíz y la harina de soja proceden del NRC (1998), mientras que los datos para guisantes de campo son de Stein *et al.* (2004) y Stein *et al.* (2006a).

<sup>c</sup> Datos de NRC (1998).

<sup>d</sup> EM = energía metabolizable; DIE = digestibilidad ileal digestible.