

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

**EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y  
CALIDAD DE LA CARNE DE LA INCLUSIÓN DE  
GUISANTES (*Pisum sativum*) Y ALBERJÓN (*Vicia  
narbonensis*) EN EL PIENSO DE LECHONES Y CERDOS  
DE CEBO**

**TESIS DOCTORAL**

**Emilio Gómez Izquierdo  
Licenciado en Veterinaria**

**Septiembre, 2015**



**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

**EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y**  
**CALIDAD DE LA CARNE DE LA INCLUSIÓN DE**  
**GUISANTES (*Pisum sativum*) Y ALBERJÓN (*Vicia***  
***narbonensis*) EN EL PIENSO DE LECHONES Y CERDOS**  
**DE CEBO**

**Emilio Gómez Izquierdo**  
**Licenciado en Veterinaria**

**DIRECTORES DE LA TESIS**

**Argimiro Daza Andrada. Doctor Ingeniero Agrónomo.**  
**M<sup>a</sup> Ángeles Latorre Górriz. Doctora Ingeniero Agrónomo.**

**Septiembre, 2015**



**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

Esta tesis ha sido realizada como uno de los requisitos para la obtención del grado de Doctor por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

El Doctorando

Fdo. Emilio Gómez Izquierdo  
Licenciado en Veterinaria

VºBº  
Los Directores de la Tesis

Fdo. Argimiro Daza Andrada  
Dr. Ingeniero Agrónomo

Fdo. Mª Ángeles Latorre Górriz  
Dra. Ingeniero Agrónomo



*Para Marga y Miguel*





## *IN MEMORIAM*

“Hay que pelearlo”. Era la máxima que Atanasio aplicaba en todas las facetas de la vida. Hoy debería estar aquí, formando parte del tribunal de esta Tesis. Qué injusto es el destino. Muy pocas personas reúnen la excelencia profesional y personal; Ata era una de ellas. Él nos ha enseñado a ser rigurosos, eficientes y prácticos en el trabajo, y ha sido un ejemplo de fortaleza, vitalidad e ilusión que perdurarán en todos nosotros.

Hay que pelearlo, claro, qué razón tienes querido amigo.



## AGRADECIMIENTOS

A Mari Ángeles y Argimiro, extraordinarios maestros y mejores personas, por su dedicación, paciencia y acertadas correcciones.

A Eduardo, Pepe y Cristina, sinónimos de buen humor, ilusión y trabajo bien hecho, que me soportan cada día y han participado muy directamente en esta Tesis.

A Ana de Coca, por su valiosa colaboración, amistad y horas de compañía al volante.

Al equipo del CPP, Laura, Ángel, Miguel Ángel y Sergio, sin cuyo trabajo esta Tesis no habría visto la luz.

A los compañeros del ITACyL, Sara, Luis, Ana, Cris, M. Ángeles, Elena, Juanjo, Gabi, Ana Belén y Miguel Ángel (*caro frate*). Es un orgullo compartir ilusiones y proyectos con todos vosotros.

A los guisanteros (y alberjoneros), Alicia, Manolo, Tinín, que son, como mínimo, tan beneficiosos para la salud como las legumbres que con tanto mimo mejoran y cultivan.

A Mercedes Muzquiz, Mercedes Martín, Alejandro y Eva, que me han enseñado que los FAN son menos FAN de lo que parece.

A los sorianos: Pascual, Andrés, José Antonio y compañeros de COPISO, por su apoyo y confianza en el proyecto *Legumpor*.

A Raúl y Antonio ¡que ya me dejarán de dar la brasa!

A todos cuantos dignifican el trabajo de I+D+i, la educación y la cultura, “peleando” contra la sinrazón: ¡GRACIAS AMIGOS!



## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**



## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AA, aminoácido.

Alb, alberjón.

CAR, guisante Cartouche.

CCAA, Comunidades Autónomas.

CCK, colecistoquinina.

CMD, consumo medio diario.

CON, pienso control.

CPG, concentrado de proteína de guisante.

CV, coeficiente de variación.

Cys, cisteína.

EE, extracto etéreo.

EEM, error estándar de la media.

EEUU, Estados Unidos.

EN, energía neta.

FAN, factores antinutritivos.

FBA, factores biológicamente activos (bioactivos).

FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

GEC,  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl Cysteine.

GMD, ganancia media diaria.

HCl, ácido clorhídrico.

H de C, hidratos de carbono.

HnaS, harina de soja.

IC, índice de conversión.

ICE, guisante Iceberg.

IP, inhibidores de proteasas.

IT, inhibidores de tripsina.

ITACYL, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

IQ, inhibidores de quimotripsina.

L-DOPA, levodopa o L-3,4 dihidroxifenilalanina.

LG, leguminosas.

LUN, guisante Luna.

Lys, lisina.

Met, metionina.

MF, materia fresca.

MJ, mega julio.

MS, materia seca.

N, normalidad.

n, réplicas por tratamiento.

nm, nanometro.

*nom. cons., nomen conservandum.*

NS, no significativo.

ODAP, ácido oxalildiaminopropiónico.

P, probabilidad.

PAC, Política Agraria Común.

PB, proteína bruta.

P-CAR, pienso con guisante Cartouche.

P-ICE, pienso con guisante Iceberg.

P-LUN, pienso con guisante Luna.

PV, peso vivo.

S, azufre.

Thr, treonina.

Trp, triptófano.

UE, Unión Europea.

UE-27, Unión Europea de los 27.



UQI, unidades de quimotripsina inhibida.

UTI, unidades de tripsina inhibida.

Val, valina.



## **ABBREVIATION KEYS**



**ABBREVIATION KEYS**

µg, microgram.

µL, microlitre.

µm, micrometer.

AA, amino acid.

ADFI, average daily feed intake.

ADG, average daily gain.

ANF, antinutritive factors.

BW, body weight.

BW1, initial body weight.

CAR, pea cartouche.

CCK, cholecystokinin.

CI, chymotrypsin Inhibitor.

CIU, chymotrypsin inhibitor units.

CP, crude protein.

CV, coefficient of variation.

d, days.

DM, dry matter.

G:F, gain to feed ratio.

F-CAR, feed with pea Cartouche.

F-CON, feed control.

F-ICE, feed with pea Iceberg.

F-LUN, feed with pea Luna.

FCR, feed conversion ratio.

GEC, γGlutamyl-S-Ethenyl Cysteine.

HCl, hydrochloric acid.

HPLC, high-performance (high-pressure) liquid chromatography.

HU, hemagglutinating unit.

ICE, pea Iceberg.

IU, international unit.

L-DOPA, L-3,4-dihydroxyphenylalanine.

LUN, pea Luna.

Met, methionine.

MJ, megajulio.

mL, millilitre.

N, nitrogen.

*N*, normality.

*n*, replicates per treatment.

nd, not detected.

nm, nanometer.

NV, narbon vetch.

*P*, statistical probability.

PI, protease inhibitor.

PPC, pea protein concentrate.

$R^2$ , coefficient of determination.

RSD, residual standard deviation.

SBE, soybean extruded.

SBM, soybean meal.

SBW, slaughter body weight.

SEM, standard error of the mean.

TI, trypsin inhibitor.

TIU, trypsin inhibitor units.

USA, United States of America.

# ÍNDICE





<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>		<b>Página</b>
CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	13
CAPÍTULO 2	TOLERANCE TO VARIOUS ANTI-NUTRITIONAL FACTORS IN YOUNG PIGS FED PEAS ( <i>Pisum sativum</i> ) AND NARBON VETCH ( <i>Vicia narbonensis</i> ) IN THE STARTER PHASE	65
CAPÍTULO 3	UTILIZACIÓN DE GUISANTE DE INVIERNO EN PIENSOS PARA CERDOS GRASOS. RELACIÓN DEL NIVEL DE INHIBIDORES DE PROTEASAS CON EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LA CALIDAD DE LA CANAL	91
CAPÍTULO 4	GROWTH PERFORMANCES AND CARCASS QUALITY OF PIGS GIVEN INCREASING DIETARY LEVELS OF NARBON VETCH ( <i>Vicia narbonensis</i> )	123
CAPÍTULO 5	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	149



ÍNDICE	Página
RESUMEN	1
Conclusiones	5
SUMMARY	7
Conclusions	11
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	13
1. Introducción	14
2. La alimentación animal y el mercado de leguminosas	17
2.1. <i>Producción de leguminosas grano y proteaginosas en España</i>	21
2.2. <i>Producción de guisante seco y alberjones</i>	24
3. Características nutricionales de las leguminosas autóctonas	27
3.1. <i>Factores antinutritivos o bioactivos</i>	30
3.2. <i>Características nutricionales del guisante</i>	33
3.3. <i>Características nutricionales del alberjón</i>	34
4. Ensayos ganaderos con guisantes y alberjones	36
4.1. <i>Ensayos ganaderos con guisantes en lechones</i>	36
4.2. <i>Ensayos ganaderos con guisantes en cerdos de cebo</i>	41
4.3. <i>Ensayos ganaderos con alberjones. Lechones y cerdos de cebo</i>	48
5. Objetivos	53
6. Referencias	54
CAPÍTULO 2: TOLERANCE TO VARIOUS ANTI-NUTRITIONAL FACTORS IN YOUNG PIGS FED PEAS ( <i>Pisum sativum</i> ) AND NARBON VETCH ( <i>Vicia narbonensis</i> ) IN THE STARTER PHASE	65
1. Abstract	67

2. Introduction	68
3. Material and methods	69
3.1. <i>Experimental animals</i>	69
3.2. <i>Experimental diets</i>	70
3.3. <i>Controls of growth performance traits</i>	75
3.4. <i>Statistical analysis</i>	75
4. Results and discussion	76
4.1. <i>Trial 1. Diets with winter peas and different levels of PI</i>	77
4.2. <i>Trial 2. Diets with different percentages of narbon vetch</i>	80
5. Conclusions	83
6. References	83
CAPÍTULO 3: UTILIZACIÓN DE GUISANTE DE INVIERNO EN DIETAS PARA CERDOS GRASOS. RELACIÓN DEL NIVEL DE INHIBIDORES DE PROTEASAS CON EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CANAL	91
1. Resumen	93
1.1. <i>Abstract</i>	94
2. Introducción	95
3. Material y métodos	97
3.1. <i>Animales e instalaciones</i>	97
3.2. <i>Piensos experimentales</i>	98
3.3. <i>Control de rendimientos</i>	101
3.4. <i>Análisis estadístico</i>	105
4. Resultados	106
5. Discusión	111
5.1. <i>Rendimiento productivo. Calidad de canal y piezas nobles</i>	111

5.2. <i>Grasa intramuscular del lomo y ácidos grasos de la grasa subcutánea</i>	114
6. Conclusiones	115
7. Referencias	115
CAPÍTULO 4: GROWTH PERFORMANCES AND CARCASS QUALITY OF PIGS GIVEN INCREASING DIETARY LEVELS OF NARBON VETCH ( <i>Vicia narbonensis</i> )	123
1. Abstract	125
2. Introduction	125
3. Material and methods	127
3.1. <i>Experimental animals</i>	127
3.2. <i>Experimental diets</i>	127
3.3. <i>Performance controls</i>	131
3.4. <i>Statistical analysis</i>	131
4. Results	132
4.1. <i>Growth performance</i>	133
4.2. <i>Carcass traits</i>	139
5. Discussion	140
5.1. <i>Growth performance</i>	141
5.2. <i>Carcass traits</i>	142
6. Conclusions	143
7. References	144
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	149
1. Discusión general	151
1.1. <i>Caracterización de los guisantes y el alberjón utilizados en las dietas experimentales</i>	151

1.2. <i>Guisantes en la fase de estárter y cebo</i>	153
1.2.1. <i>Fase de estárter</i>	153
1.2.2. <i>Fase de cebo</i>	157
1.3. <i>Alberjones en la fase de estárter y cebo</i>	161
1.3.1. <i>Fase de estárter</i>	161
1.3.2. <i>Fase de cebo</i>	162
2. Conclusiones generales	166
3. Referencias	168

**Índice de Figuras y Tablas.**

**Capítulo 1**

Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las leguminosas según el BOE (Real Decreto 202/2012, de 24 de enero) y el Reglamento UE (73/2009, de 19 de enero).	16
<b>Tabla 2.</b> Superficie y producción de leguminosas grano y proteaginosas por CCAA en 2012 (MAGRAMA, 2013).	22
<b>Tabla 3.</b> Rendimientos de diferentes leguminosas (variedades) de interés ganadero en Castilla y León durante las campañas 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 (kg/ha) (García-Vaquero et al., 2014, datos no publicados).	24
<b>Tabla 4.</b> Producción nacional de guisante seco (t). Destino final de los diferentes cultivos 2001 - 2012 (MAGRAMA, 2013).	25
<b>Tabla 5.</b> Composición nutricional (% MF) de distintas leguminosas autóctonas, harina de soja 44 y guisante primavera.	28
<b>Tabla 6.</b> Composición en proteína bruta y aminoácidos (% MF) de distintas leguminosas autóctonas, harina de soja 44 y guisante primavera.	29
<b>Tabla 7.</b> Efecto de los FAN de legumbres autóctonas y soja en animales monogástricos.	31
<b>Tabla 8.</b> Unidades de tripsina (UTI) y quimotripsina inhibida (UQI) y % de GEC en distintas leguminosas autóctonas y soja (Fuentes: INIA e ITACYL 2011/2014, datos no publicados).	32
<b>Tabla 9.</b> Nutrientes (%) de harina de soja, haba de soja, variedades de guisantes de invierno y alberjón.	34
<b>Tabla 10.</b> Composición en proteína bruta (PB) y aminoácidos (AA) de distintas variedades de guisantes de invierno y alberjón.	35

<b>Tabla 11.</b> Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de transición.	39
<b>Tabla 12.</b> Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de engorde.	43
<b>Tabla 13.</b> Ensayos de distintos autores con alberjones en las fases de transición y engorde.	50
Índice de Figuras	
<b>Figura 1.</b> Mercado de haba de soja y harina de soja en la UE (millones de t), incluyendo el avance 2013/14 (USDA, 2014).	17
<b>Figura 2.</b> Producción de soja en España. Campañas 2011 a 2014 (MAGRAMA, 2014).	18
<b>Figura 3.</b> Cerdos sacrificados (x 1000) en 2012 en los principales países productores de la UE (MAGRAMA, 2013).	19
<b>Figura 4.</b> Evolución de la producción de pienso para ganado porcino (t x 1000) durante el periodo 2007/2013 en España (MAGRAMA, 2013; FEFAC, 2014).	19
<b>Figura 5.</b> Evolución del precio de la soja en la última década (mercado de Chicago; \$/t).	21
<b>Figura 6.</b> Serie histórica de superficie y producción de leguminosas grano y proteaginosas en España: (MAGRAMA, 2013).	22
<b>Figura 7.</b> Superficie cultivada en Castilla y León de diferentes leguminosas durante la campaña 2012 (MAGRAMA, 2013).	23
<b>Figura 8.</b> Superficie y producción de guisante seco por CCAA en 2012 (MAGRAMA, 2013).	25
<b>Figura 9.</b> Planta de alberjón (a) y de guisante (b).	26



<b>Figura 10.</b> Guisantes a) Iceberg, b) Cartouche, c) Luna y alberjón d) ZV 220.	27
---	----

## **Capítulo 2**

### Índice de Tablas

<b>Table 1.</b> Chemical composition (%) of soybean derivatives, peas and narbon vetch.	71
<b>Table 2.</b> Ingredient and nutrient content of experimental diets used in Trial 1 (% as-fed basis unless otherwise indicated).	73
<b>Table 3.</b> Ingredient and nutrient content of experimental diets used in Trial 2 (% as-fed basis unless otherwise indicated).	74
<b>Table 4.</b> Trial 1. Effect of different levels of protease inhibitors in piglets performance.	78
<b>Table 5.</b> Trial 1. Relationship between average daily intake of protease inhibitors ( $\times 10^6$ ) and growth performance traits of pigs.	80
<b>Table 6.</b> Trial 2. Effect of increasing dietary levels of narbon vetch on growth performance of pigs.	80
<b>Table 7.</b> Trial 2. Orthogonal contrasts of the different production variables ( <i>P</i> value).	81
<b>Table 8.</b> Trial 2. Relationship between production variables starter phase and proportion of narbon vetch (0-25%) and daily intake of GEC.	82

## **Capítulo 3**

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición química de las materias primas proteicas: harina de soja 47, soja extrusionada y guisantes (Cartouche, Iceberg, Luna).	99
--	----

<b>Tabla 2.</b> Ingredientes y composición química de los piensos experimentales: CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna).	103
<b>Tabla 3.</b> Análisis determinado de los piensos experimentales CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna).	104
<b>Tabla 4.</b> Consumo medio diario de inhibidores (IT, IQ) según piensos y fases productivas.	107
<b>Tabla 5.</b> Influencia del pienso en el rendimiento productivo durante las distintas fases.	108
<b>Tabla 6.</b> Evolución del peso corporal (kg), porcentaje de magro y espesor del tocino dorsal según los piensos.	109
<b>Tabla 7.</b> Efecto del pienso en las características de la canal y de las piezas nobles.	109
<b>Tabla 8.</b> Ecuaciones de regresión relacionando el rendimiento (CMD, GMC, IC) con el consumo medio diario de inhibidores de tripsina (IT) y quimotripsina (IQ) (unidades de inhibidor/mg de pienso diario) en las distintas fases de cebo.	110
<b>Tabla 9.</b> Efecto del tratamiento alimenticio sobre el porcentaje de grasa intramuscular del lomo y proporción de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea.	111

#### **Capítulo 4**

##### Índice de Tablas

<b>Table 1.</b> Chemical composition of the narbon vetch used in the trial (% , as-fed basis unless otherwise indicated).	129
<b>Table 2.</b> Chemical composition of experimental diets (% , as-fed basis unless otherwise indicated).	130

<b>Table 3.</b> Effects of increasing levels of narbon vetch on growth performances of pigs by periods.	134
<b>Table 4.</b> Orthogonal contrasts of different treatments (0%, 5%, 15%, 25%) at the different stages.	135
<b>Table 5.</b> Regression equations between performance (ADFI, ADG, FCR) and average daily intake (0-25%) of narbon vetch (NV).	137
<b>Table 6.</b> Regression equations between performance (ADFI, ADG, FCR) and average daily intake (0-12 g/day) of $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC).	138
<b>Table 7.</b> Relationships between growth performance variables and average daily intake of narbon vetch (NV, %) or average daily intake (0-12 g/d) of the Ethenyl $\gamma$ Glutamyl-S-Cysteine dipeptide (GEC, kg).	139
<b>Table 8.</b> Effects of increasing levels of narbon vetch on carcass quality of pigs.	140

## **Capítulo 5**

### Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Niveles de proteína bruta (PB%) y de inhibidores de tripsina (IT: UTI/mg) y de quimotripsina (IQ: UQI/mg) en las cuatro leguminosas empleadas.	153
<b>Figura 2.</b> Ensayo 1: resultados productivos en los distintos piensos experimentales (CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna) durante la fase de estárter. NS, no significativo; **: $P < 0,01$ ; ***: $P < 0,001$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.	156
<b>Figura 3.</b> Ensayo 3: resultados productivos globales en los distintos piensos experimentales (CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna) durante el cebo. NS, no significativo; *: $P < 0,05$ ; **: $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.	160

- 
- Figura 4.** Ensayo 3: resultados de canal y piezas nobles según piensos experimentales (CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna). NS: no significativo ( $P > 0,05$ ). EEM: error estándar de la media. 160
- Figura 5.** Ensayo 2: resultados productivos según el porcentaje de alberjones en el pienso durante la fase estárter. \*\*\*:  $P < 0,001$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media. 162
- Figura 6.** Ensayo 4: evolución del peso durante el cebo según el porcentaje de alberjones en el pienso. cov, covariable; \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media. 163
- Figura 7.** Ensayo 4: rendimiento productivo global según el porcentaje de alberjones en el pienso. \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). cov: covariable. EEM: error estándar de la media. 164
- Figura 8.** Ensayo 4: rendimiento de canal y piezas nobles según piensos experimentales. \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media. 165

# RESUMEN



## RESUMEN

Las leguminosas grano presentan un perfil nutricional de gran interés para alimentación de ganado porcino, debido principalmente a su elevado contenido proteico. Sin embargo, la presencia de factores antinutritivos (FAN), que según el género difieren en calidad y cantidad, condiciona la absorción de la proteína, el nutriente más valorado. El objetivo de esta Tesis Doctoral ha sido el estudio del efecto de los principales FAN de guisante y alberjón sobre el rendimiento productivo, de canal y de piezas nobles, cuando sustituyen a la soja, parcial o totalmente, durante la fase estárter y el periodo de engorde de cerdos grasos. Con este motivo se llevaron a cabo 4 ensayos con machos castrados y la misma línea genética: híbrido Duroc x (Landrace x Large white).

En el ensayo 1, se estudió la influencia de distintos niveles de inhibidores de proteasas (IP) en el pienso sobre la productividad de lechones durante la fase estárter (40 a 61 días de edad). Para ello, se utilizaron tres variedades de guisantes de invierno que contenían diferentes cantidades de IP, tanto de tripsina (IT) como de quimotripsina (IQ) [unidades de tripsina inhibida/mg (UTI), unidades de quimotripsina inhibida/mg (UQI): 9,87-10,16, 5,75-8,62 y 12,55-15,75, para guisantes Cartouche, Iceberg y Luna, respectivamente] más elevadas que en la harina de soja 47 (HnaS) y en la soja extrusionada (SE) (UTI/mg - UQI/mg: 0,61-3,56 y 2,36-4,65, para HnaS y SE, respectivamente). El diseño experimental fue al azar, con cuatro tratamientos dietéticos que diferían en las fuentes proteicas y en la cantidad de IP, enfrentando un pienso control de soja a otros tres piensos con guisantes de invierno de las variedades indicadas, que sustituían parcialmente a la soja. Cada tratamiento se replicó cuatro veces, siendo la celda con 6 lechones la unidad experimental. Los animales que consumieron el pienso con guisante Cartouche tuvieron más ganancia media diaria (GMD) que el resto ( $P < 0,001$ ) con el mismo consumo medio diario (CMD) e índice de conversión (IC). No hubo diferencias significativas entre los animales del pienso control y los que consumieron piensos con guisantes Iceberg y Luna.

En el ensayo 2 la leguminosa objeto de estudio fue el alberjón y su FAN el dipéptido  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC). El diseño y el periodo experimental fueron los mismos que en el ensayo 1, con cuatro dietas que variaban en el porcentaje de alberjones: 0%, 5%, 15% y 25%, y de GEC (1,54% del grano). Los lechones que consumieron el pienso con 5% tuvieron un CMD y GMD más elevado ( $P < 0,001$ ), con el mismo IC que los animales pertenecientes al tratamiento 0%. Los índices productivos empeoraron significativamente y de manera progresiva al aumentar el porcentaje de alberjones (15 y 25%). Se obtuvieron ecuaciones de regresión con estructura polinomial que fueron significativas tanto para el nivel de alberjón como para la cantidad de GEC presente en el pienso.

El ensayo 3 se efectuó durante el periodo de engorde, sustituyendo por completo la soja a partir de los 84 días de edad con las tres variedades de guisantes de invierno, observando el efecto sobre el rendimiento productivo, de canal y piezas nobles. El diseño, en bloques completos al azar, tuvo cuatro tratamientos según el guisante presente en el pienso y, por lo tanto, los niveles de IP: Control-soja, Cartouche, Iceberg y Luna, con 12 réplicas de 4 cerdos por tratamiento. De 84 a 108 días de edad los animales que consumieron los piensos Control-soja e Iceberg, tuvieron el mismo CMD y GMD, empeorando en los cerdos alimentados con Luna y Cartouche ( $P < 0,05$ ). El IC fue igual en los tratamientos Control-soja e Iceberg, ocupando una posición intermedia en Cartouche y peor en los cerdos del pienso Luna ( $P < 0,001$ ). De 109 a 127 días de edad la GMD y el IC fueron iguales, con un CMD más elevado en Control-soja e Iceberg que en los cerdos que consumieron Cartouche y Luna ( $P < 0,05$ ). No hubo diferencias significativas durante el acabado (128 a 167 días de edad). Globalmente el CMD y GMD fueron más elevados en los cerdos que comieron los piensos Iceberg y Control-soja, empeorando por igual en los que comieron Cartouche y Luna ( $P < 0,05$ ); el IC fue el mismo en todos los tratamientos. No se observaron diferencias en los datos relacionados con peso y rendimiento de canal y piezas nobles (jamón, paleta y chuletero), ni del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.



En el ensayo 4, realizado durante el periodo de engorde (60 a 171 días de edad), se valoró el efecto de dietas con distintos niveles de alberjones, y en consecuencia de su factor antinutritivo el dipéptido GEC, sobre el rendimiento productivo y la calidad de la canal y piezas nobles. El diseño fue en cuatro bloques completos al azar, con cuatro tratamientos según el porcentaje de inclusión de alberjón en el pienso: 0%, 5%, 15% y 25%, con 12 réplicas por tratamiento y cuatro cerdos en cada una de ellas. El tratamiento con 5% mejoró la GMD al final de la fase de cebo (152 días de vida) y, junto con el 0%, presentaron los resultados más favorables de peso e IC al final del ensayo (171 días de vida). Del mismo modo, el peso y rendimiento de canal fueron más elevados en los cerdos alimentados con los tratamientos 0% y 5% ( $P < 0,001$ ). Piensos con el 15 y 25% de alberjones empeoraron los resultados productivos, así como el rendimiento y peso de canal. Sucedió lo mismo con el peso de las piezas nobles (jamón, paleta y chuletero), significativamente superior en 0% y 5% frente a 15% y 25%, siendo los cerdos que consumieron este último pienso los peores. Por el contrario el rendimiento de jamón y chuletero fue más elevado en los cerdos de los tratamientos 25% y 15% que en los que consumieron los piensos con 5% y 0% ( $P < 0,001$ ); en el rendimiento de paletas se invirtieron los resultados, siendo mayores en los animales de los tratamientos 0% y 5% ( $P < 0,001$ ). Se obtuvieron ecuaciones de regresión polinomial, para estimar las cantidades de inclusión de alberjones y de GEC más favorables desde el punto de vista productivo, así como los contrastes ortogonales entre los distintos tratamientos.

## **Conclusiones**

Guisantes de invierno con niveles intermedios de IP pueden sustituir a la soja parcialmente en dietas durante la fase estándar, y mejoran o mantienen el rendimiento productivo de los lechones.

La inclusión del 5% de alberjones con un contenido de GEC del 1,52% en la dieta durante la fase estárter aumenta el consumo y el crecimiento; porcentajes superiores penalizan de forma progresiva los parámetros productivos.

Guisantes de invierno con 5,75 UTI/mg y 8,62 UQI/mg sustituyen a la soja desde los 84 hasta los 167 días de edad sin alterar el rendimiento productivo, de canal, de piezas nobles y del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.

Alberjones con un contenido de GEC del 1,52% se pueden incluir hasta el 5% en el pienso de engorde como fuente de proteína, manteniendo o mejorando el rendimiento y la calidad de la canal. Sin embargo, cantidades más elevadas empeoran los resultados paulatinamente.

# **SUMMARY**



## SUMMARY

The grain legumes have a nutritional profile of great interest to feed pigs, mainly due to high protein content. However, the presence of antinutritional factors (ANF), which differ in quality and quantity according to gender, hinder the absorption of the protein, the most valuable nutrient. The aim of this thesis was to study the effect of the main ANF of pea and narbon vetch (NV) on productive performance, of the carcass and main lean cuts, when replacing soybean, partially or totally, during the starter phase and the fattening period of heavy pigs. For this reason were carried four trials with barrows and the same genetic line: Duroc hybrid x (Landrace x Large white).

In trial 1, was studied the influence of different levels of protease inhibitors (PI) in the diet over productivity of piglets during the starter phase (40-61 days of age). For this, were used three varieties of winter peas containing different amounts of PI, both trypsin (TI) and chymotrypsin (CI) [inhibited units/mg trypsin (TIU), inhibited units/mg chymotrypsin (CIU): 9.87 - 10.16, 5.75 - 8.62 and 12.55 - 15.75, for peas Cartouche, Iceberg and Luna, respectively] higher than in soybean meal 47 (SBM) and soybeans extruded (SBE) (TIU/mg - CIU/mg: 0.61 - 3.56 and 2.36 - 4.65 for SBM and SBE, respectively). The design was randomized with four dietary treatments differing in protein sources and the amount of PI, with a control diet of soybean and three with different varieties of winter peas: Cartouche, Iceberg and Luna, which partially replace soybean. Each treatment was replicated four times, being the pen with 6 piglets the experimental unit. Pigs that ate the feed with pea Cartouche had better growth (ADG) than the rest ( $P < 0.001$ ), with the same average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR). There were no significant differences between piglets fed with control diet and those fed Iceberg and Luna diets.

In trial 2 the legume under study was the NV and your ANF the dipeptide  $\gamma$ Glutamyl FAN-S-Ethenyl-Cysteine (GEC). The experimental period and the design were the same as in trial 1, with four diets with different percentage of NV: 0%, 5%, 15% and 25%, and from GEC (1.52% of the grain). The piglets that consumed the feed containing 5% had higher

ADG and ADFI ( $P < 0.05$ ), with the same FCR that pigs belonging to the 0% treatment. Production rates worsened progressively with increasing percentage of NV (15 and 25%). Were obtained regression equations with polynomial structure that were significant for NV percentage and amount of GEC present in the feed.

The test 3 was carried out during the fattening period, completely replace soy from 84 days of age with three varieties of winter peas, observing the effect on the yield, carcass and main lean cuts. The design, randomized complete blocks, had four treatments with different levels of PI: Control-soy, Cartouche, Iceberg and Luna, with 12 replicates of 4 pigs per treatment. From 84 to 108 days of age the pigs fed with Control-soy and Iceberg feed, had the same ADFI and ADG, worsening in pigs fed with Luna and Cartouche ( $P < 0.05$ ). The FCR was similar in diets Control-soy and Iceberg, occupying an intermediate position in Cartouche and worse in pigs fed with Luna ( $P < 0.001$ ). From 109-127 days of age the ADG and FCR were equal, with higher ADFI in pigs fed with Control-soy and Iceberg, regarding pigs fed with Cartouche and Luna ( $P < 0.05$ ). There was no difference in the finishing phase (128-167 days of age). In global period, the ADFI and ADG were higher in pigs that ate Control-soy and Iceberg, and worse in those who ate Cartouche and Luna. The FCR was the same in all treatments. No significant differences were observed in the data related to weight and carcass yield, main lean cuts (ham, shoulder and loin chop) and intramuscular fat loin content and major fatty acids proportion (C16:0, C18:0, C18:1n-9) of subcutaneous fat.

In experiment 4, made during the fattening period (60-171 days of age), was assessed the effect of diets with different levels of NV, and consequently of GEC, in the performance and quality of carcass and main lean cuts. There was a completely randomized design with four dietary treatments differing in percentage of NV: 0%, 5%, 15% and 25%, with 12 replicates per treatment and four pigs each. Treatment with 5% improved the ADG at the end of the fattening phase (152 days of age) and, together with 0%, showed the most favorable body weight and FCR at the end of the trial (171 days of age). Similarly, the weight and performance of carcass were higher for pigs fed with diets 0% and 5% ( $P < 0.05$ ). Diets with 15 and 25% worsened the productive and carcass results. The weight of the main lean

cuts (ham, shoulder and loin chop) was significantly higher in 0% and 5% vs 15% and 25%. The diet 25% was the worst of all. By contrast the performance of ham and loin chop was higher in pigs fed with diets 25% and 15%, than those who ate diets with 5% and 0% ( $P < 0.001$ ); the results of shoulder performance were reversed, being greater in pigs fed with diets 0% and 5% ( $P < 0.001$ ). Polynomial regression equations were obtained to estimate the percentage of NV and GEC more favorable from the point of view of production, and orthogonal contrasts between treatments.

## Conclusions

Winter peas with intermediate levels of PI can partially replace soybean diets during the starter phase and improve or maintain the productive performance of piglets.

The inclusion of 5% narbon vetch with 1.52% of GEC in the diet during the starter phase increases feed intake and growth; higher percentages worsen progressively the productive performance.

Winter peas with 5.75 TIU/mg and 8.62 CIU/mg can replace soybean from 84 to 167 days of age without affecting the yield, carcass quality, main lean cuts and intramuscular fat loin content and major fatty acids proportion (C16:0, C18:0, C18:1n-9) of subcutaneous fat.

Narbon vetch with 1.52% of GEC can be included up to 5% in feedstuff of heavy pigs as source of protein, maintaining or improving performance and quality of the carcass. Higher amounts worsen the results progressively.





# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS**



## 1. INTRODUCCIÓN

El término leguminosas engloba un grupo de plantas pertenecientes a la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*, *nom. cons.*) con una serie de características nutricionales de enorme interés tanto para alimentación humana como animal, debido esencialmente a la elevada cantidad y calidad de su contenido proteico. El origen de su cultivo se remonta a los inicios de la agricultura, hace unos 10.000 años, en el Neolítico, principalmente en Asia, Próximo Oriente y la Cuenca Mediterránea, extendiéndose hoy en día por todos los continentes (Ramos, 1996).

Los expertos en agronomía están de acuerdo en la conveniencia de su siembra, con rendimientos que pueden llegar a superar al de los cereales, protagonizando una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente al necesitar menos abono nitrogenado debido a la fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Se adaptan a las condiciones edafoclimáticas de ambas Castillas, principales zonas productoras en España, siendo el cultivo idóneo en rotaciones con cereal (Franco Jubete y Ramos, 1996; García et al., 2006). Su consumo o utilización son muy heterogéneos: como forraje para ganado –seco o verde-, en grano verde -judías, habas, guisantes-, en grano seco -guisantes, garbanzos, lentejas, vezas, yeros, almortas, alberjones-, como aceites –soja, cacahuete-, aprovechándose como abonos, para recuperar medios contaminados con metales –altramuz-, en la fabricación de plásticos biodegradables a partir de la cubierta seminal -guisante-, o utilizando sus cualidades bioactivas (Laguna et al., 1997; Caminero, 2002; Dary et al., 2009; Muzquiz, 2012).

Si a nivel mundial los cómputos estadísticos consideran leguminosas grano aquellas que son aprovechadas en grano seco para consumo humano o animal, en la Unión Europea (UE), la Política Agraria Común (PAC) establece una clasificación atendiendo al contenido en aceite o a la forma de consumo (seco, verde) (Tabla 1). No se incluye el cacahuete (*Arachis hypogaea*) que a pesar de ser una oleaginosa prácticamente no se cultiva en el continente europeo, ni especies como el alberjón (*Vicia narbonensis*), la algarroba (*Vicia*

*monanthos*) o la alholva (*Trigonella foenum-graecum*) a quienes la UE, con similares dosis de ignorancia y desinterés, clasifica como cultivos menores (“minor crops”), apelativo donde se engloban variedades locales principalmente del sur de Europa.

**Tabla 1.** Clasificación de las leguminosas según el BOE (Real Decreto 202/2012, de 24 de enero) y el Reglamento UE (73/2009, de 19 de enero).

Hortícolas	Leguminosas grano	Oleaginosas*	Proteaginosas
Guisante verde <i>Pisum sativum</i>	Altramuz <i>Lupinus angustifolius</i>	Soja <i>Glycine max</i>	Altramuz dulce <i>Lupinus albus</i>
Haba verde <i>Vicia faba</i>	Almorta <i>Lathyrus sativus</i>	Colza <i>Brassica napus</i>	Guisantes <i>Pisum sativum</i>
Judía verde <i>Phaseolus vulgaris</i>	Garbanzo <i>Cicer arietinum</i>	Girasol <i>Helianthus annuus</i>	Habas <i>Vicia faba</i>
	Judía <i>Phaseolus vulgaris</i>	Cártamo <i>Carthamus tinctorius</i>	Haboncillo <i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i>
	Lenteja <i>Lens culinaris</i>		
	Titarro <i>Lathyrus cicera</i>		
	Veza <i>Vicia sativa</i>		
	Yero <i>Vicia ervilia</i>		

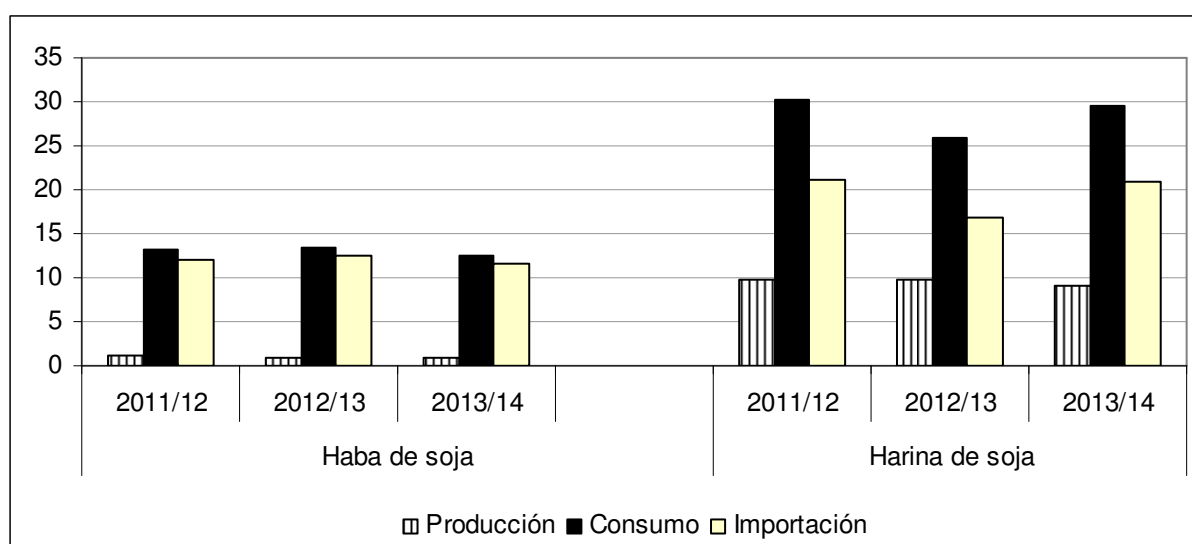
\* Las oleaginosas incluyen distintas familias (*nom. cons.*) como leguminosas (soja), crucíferas (colza), compuestas (girasol y cártamo).

Las leguminosas tienen un excepcional valor biológico como fuente de biodiversidad. Gracias a la llamada revolución verde iniciada en los años 40 por Norman Borlaug (Borlaug y Dowswell, 2001), y la mecanización agraria, el rendimiento de las cosechas se ha incrementado de forma exponencial, pero actualmente se reduce de igual modo la variedad de las mismas. Tengamos en cuenta que tan solo cuatro tipos de cultivos suponen el 60% de la producción agraria del planeta. Se pierden recursos genéticos año tras año, con el riesgo que implica una agricultura basada en monocultivos (Ramos, 2002; Gómez-Limón, 2007). En este aspecto, el presente y futuro del sector agroganadero, pasa por caracterizar, conservar y

mejorar variedades de legumbres locales, adaptadas a condiciones de secano y por tanto con menores necesidades hídricas y de productos fitoquímicos. Alimentar a la población mundial y, por extensión, a los animales que nos proporcionan carne es un reto al que nos enfrentamos. Malthus (1798) y su teoría deben encontrar nuevamente la solución en la ciencia, y para ello estamos obligados a conocer en profundidad este tipo de cultivos, empleándolos de la manera más eficiente en nutrición humana y animal.

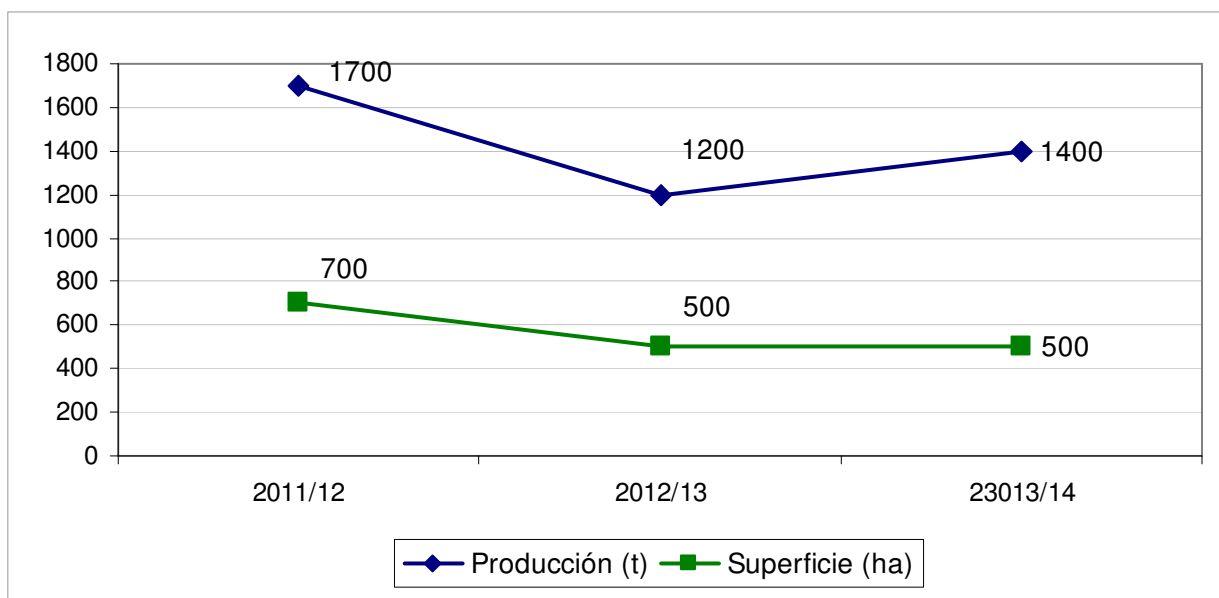
## 2. LA ALIMENTACIÓN ANIMAL Y EL MERCADO DE LEGUMINOSAS

El 63% de la proteína utilizada en la UE para piensos, 29,6 millones de toneladas (t), procede de la harina de soja (HnaS), de la que solo producimos 1 millón de t (haba procesada como harina). La consecuencia es que somos el primer importador mundial con 21 millones de t (FEFAC, 2014; USDA, 2014). En la Figura 1 se indican producción, consumo e importación de haba de soja y HnaS durante el último trienio. Hay cierta estabilidad en los indicadores, pero la dependencia externa es absoluta.



**Figura 1.** Mercado de haba de soja y harina de soja en la UE (millones de t), incluyendo el avance 2013/14 (USDA, 2014).

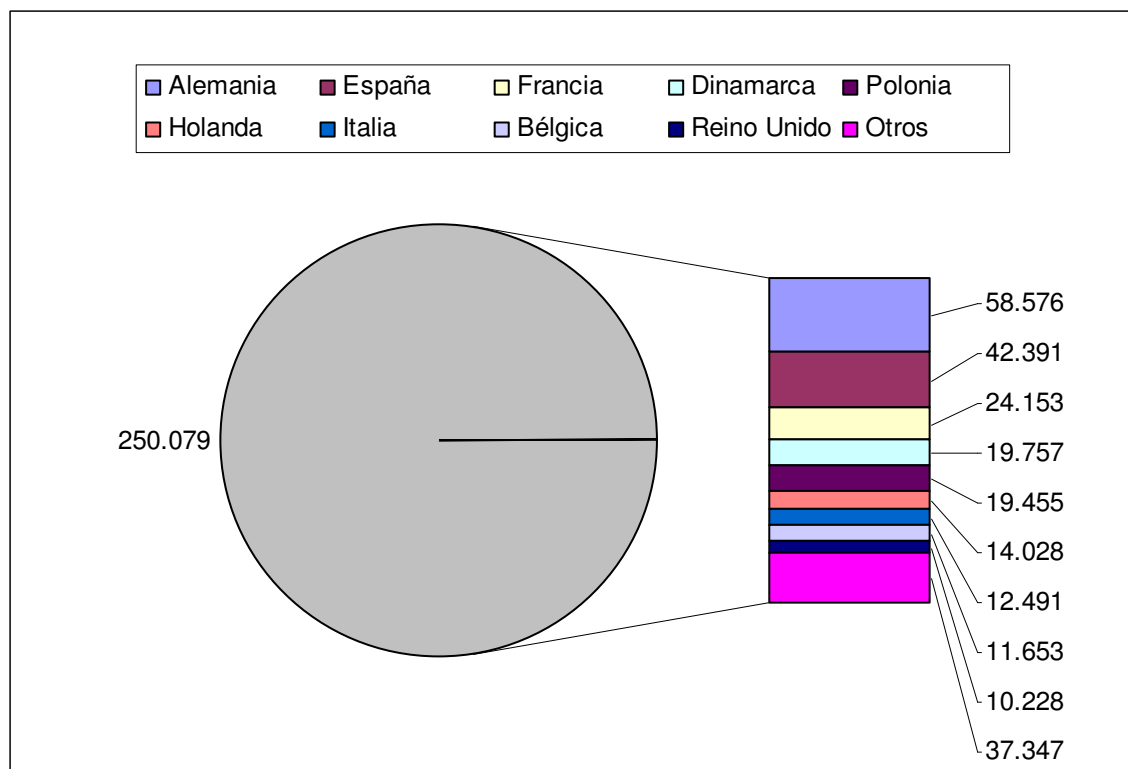
La situación es más preocupante en España. Durante la campaña 2012/13 tan solo se produjeron 1.200 t de soja (Figura 2), mientras las necesidades fueron de 3.626.000 t, el 14% de la soja consumida en la UE, la mayor parte de ella procedente de HnaS también importada (CESFAC, 2012; MAGRAMA, 2013).



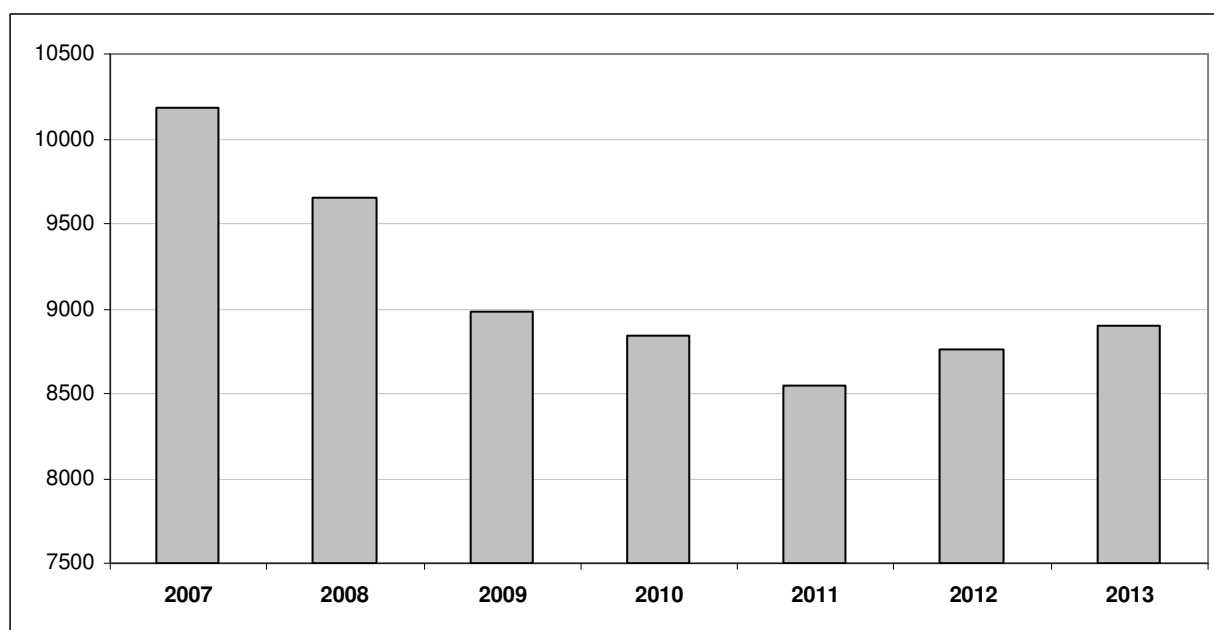
**Figura 2.** Producción de soja en España. Campañas 2011 a 2014 (MAGRAMA, 2014).

Desde el punto de vista ganadero la importancia de la cabaña porcina de la UE-27 es incuestionable, siendo los segundos productores a nivel mundial. En 2012 se sacrificaron 250.079.884 cerdos, el 17% en España (Figura 3). La producción de carne fue, igualmente, muy elevada: 22.224.126 t en la UE y 3.515.000 t en España, y el consumo de pienso proporcional con 49.961.000 t y 8.550.000 t en la UE y España respectivamente (Figura 4) (CESFAC, 2012; MAGRAMA, 2013; FEFAC, 2014).

Nos encontramos con una producción muy relevante y unas necesidades de alimento del mismo calibre, pero con una particularidad: la base proteica del pienso, aproximadamente un 20% del total, procede de soja en diferentes presentaciones, que importamos de EEUU, Brasil y Argentina.



**Figura 3.** Cerdos sacrificados (x 1000) en 2012 en los principales países productores de la UE (MAGRAMA, 2013).



**Figura 4.** Evolución de la producción de pienso para ganado porcino (t x 1000) durante el periodo 2007/2013 en España (MAGRAMA, 2013; FEFAC, 2014).

Una alternativa a la soja podría ser la inclusión en los piensos de leguminosas grano y proteaginosas, pero su cultivo y aplicación en nutrición animal se encuentra condicionada por tres motivos fundamentales:

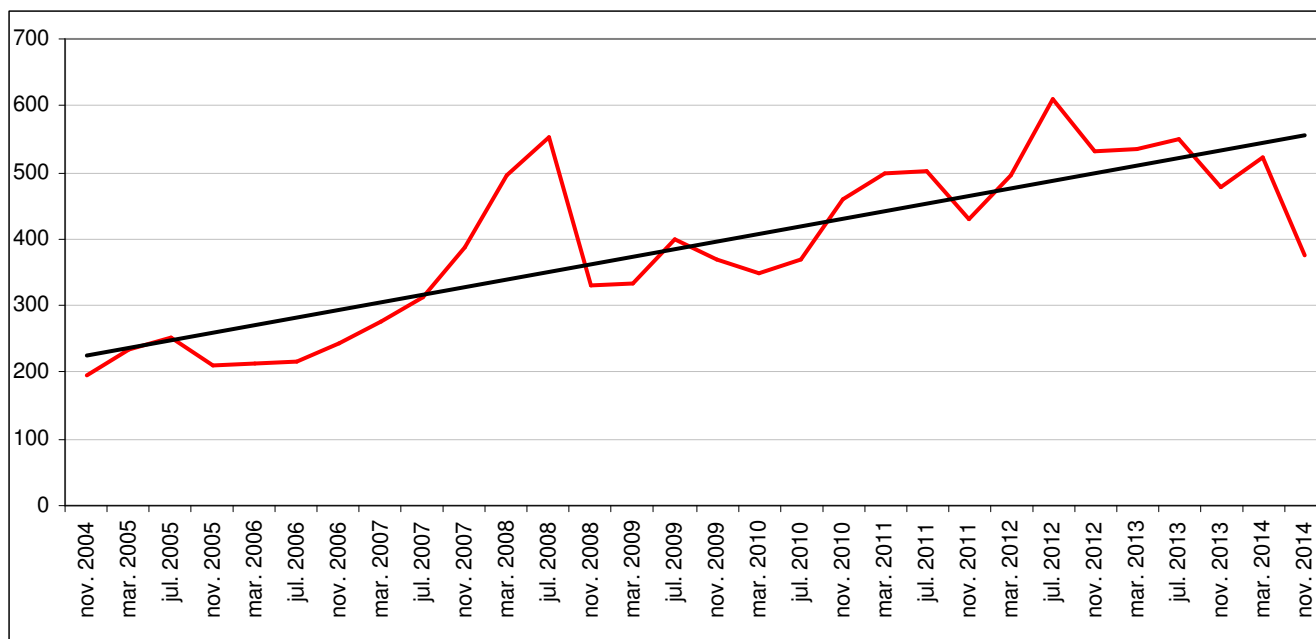
- abandono de su siembra por falta de apoyo institucional, primando otro tipo de especies o variedades, que origina un desconocimiento actual por parte de los agricultores en su agronomía y de los técnicos en sus aplicaciones nutricionales;
- precio poco competitivo frente a otras fuentes proteicas como la soja, al utilizarse principalmente en alimentación humana;
- presencia de factores antinutritivos (FAN), también llamados factores biológicamente activos (FBA), no caracterizados en muchos casos y que limitan su empleo o provocan que los tratamientos previos para su eliminación encarezcan el producto final.

La consecuencia es una insuficiente producción de ingredientes proteicos vegetales para alimentación animal en la UE. En este aspecto, la materia prima por excelencia es la soja procedente del continente americano, que empleada mayoritariamente como harina es sinónimo de costes cada vez más elevados, dependencia externa, posible desabastecimiento ante la demanda de países emergentes, y en definitiva una extrema vulnerabilidad a la especulación de los mercados.

La Figura 5 muestra el histórico en los últimos diez años del precio de la soja en el mercado de Chicago (EEUU), que es la referencia para los fabricantes de piensos. Si el precio por t en noviembre de 2004 era de 195 \$, diez años después, en noviembre de 2014, llega a los 380 \$, lo que supone un incremento del 90%, con repuntes de 554 \$ (julio 2008) y de 609 \$ (julio 2012). La previsión hasta 2022 es de un aumento permanente de la demanda y de los precios, debido al crecimiento de la población y a unas condiciones económicas más favorables, principalmente en los países asiáticos (USDA, 2014).

Una forma de minimizar el riesgo que supone el encarecimiento y la disponibilidad de la soja en alimentación animal, es la utilización de materias primas como leguminosas grano y proteaginosas.

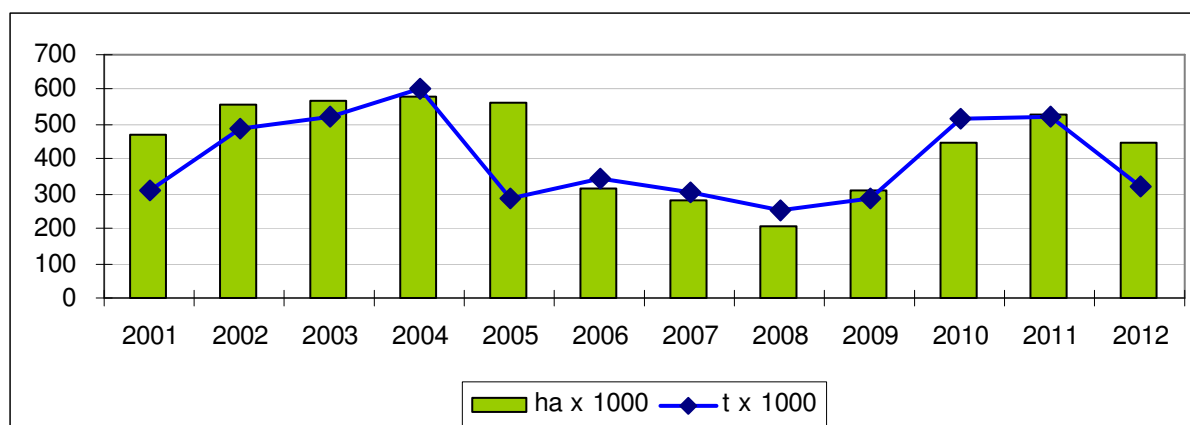




**Figura 5.** Evolución del precio de la soja en la última década (mercado de Chicago; \$/t).

## 2.1. Producción de leguminosas grano y proteaginosas en España

A pesar de disponer de abundantes recursos fitogenéticos somos importadores netos de proteaginosas. Durante la campaña 2011-2012 se alcanzaron las 101.820 t principalmente de guisante seco, más del 70% procedentes de Argentina, seguida de Canadá y Francia (MAGRAMA, 2013). La superficie dedicada a leguminosas, que a nivel nacional superaba el millón de ha en los años 60, se ha reducido considerablemente hasta las 530.000 ha (Figura 6). Su cultivo es muy dispar en las diferentes Comunidades Autónomas (CCAA), no tiene el mismo protagonismo que los cereales, y su producción y rendimiento está muy por debajo de otros países europeos como Francia, principal productor de guisante proteaginoso de la UE. La mayor superficie de siembra la encontramos en Castilla la Mancha con 201.529 ha, sin embargo el rendimiento (0,734 t/ha) es inferior al del Castilla y León (1,212 t/ha). Son datos muy por debajo de lo económicamente aconsejable y del potencial real de todas ellas.



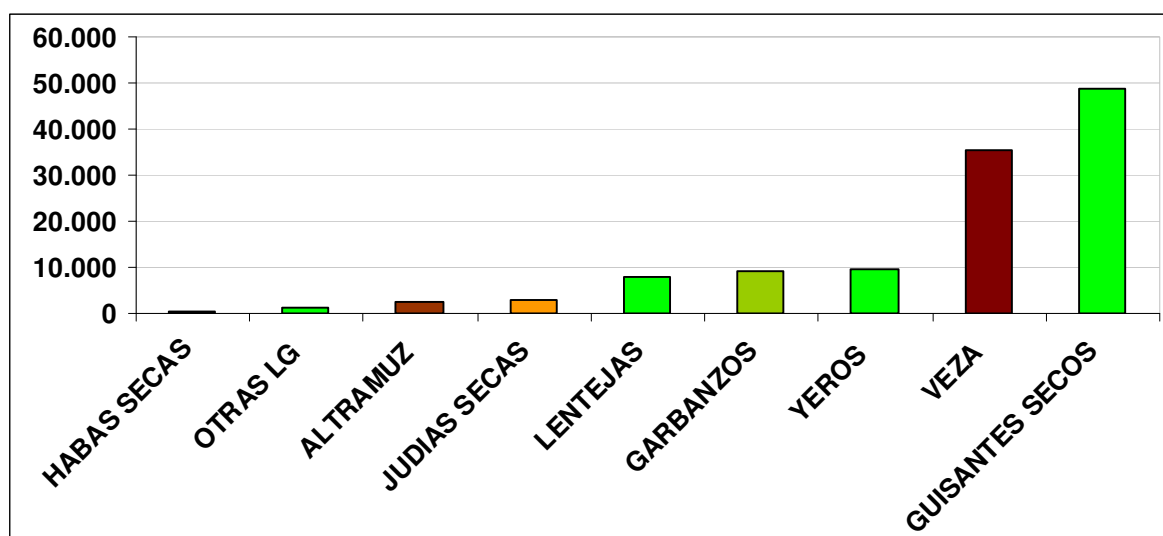
**Figura 6.** Serie histórica de superficie y producción de leguminosas grano y proteaginosas en España: (MAGRAMA, 2013).

En la Tabla 2 se indican las superficies y producciones por CCAA, siendo Castilla y León la más productora (30,68%) principalmente de guisante seco, como evidencia la Figura 7.

**Tabla 2.** Superficie y producción de leguminosas grano y proteaginosas por CCAA en 2012 (MAGRAMA, 2013).

CCAA	Superficie (ha)	Producción (t)
Galicia	2.249	3.272
Asturias	990	652
Cantabria	71	67
País Vasco	1.871	4.175
Navarra	5.876	10.123
La Rioja	449	704
Aragón	75.699	68.872
Cataluña	1.746	2.406
Baleares	3.089	2.612
Castilla y León	122.001	99.549
Madrid	4.056	2.590
Castilla la Mancha	155.956	87.363
Comunidad Valenciana	1.133	988
Región de Murcia	2.114	1.208
Extremadura	19.789	10.179
Andalucía	48.132	28.461
Canarias	414	250
<b>ESPAÑA</b>	<b>445.630</b>	<b>324.471</b>

Encuadradas en el epígrafe “OTRAS LG” (Figura 7) se encuentran titarros, alberjones, almortas, algarrobas, alholvas, etc., con 1.412 ha, una superficie simbólica perteneciente a cultivos familiares abocados a desaparecer (Caminero, 2002; García et al., 2006).



**Figura 7.** Superficie cultivada en Castilla y León de diferentes leguminosas durante la campaña 2012 (MAGRAMA, 2013).

La Tabla 3 muestra resultados de cultivos experimentales incluyendo “cultivos menores” con un indudable interés agronómico realizados en Castilla y León por personal del ITACyL. Son producciones medias de distintas variedades y localidades durante tres campañas consecutivas. La campaña 2011/2012 se caracterizó por una pertinaz sequía, que redujo más del 70% el rendimiento habitual, sobre todo de guisante; por el contrario, hay que precisar que las mejores variedades de guisante, en las campañas y localidades más favorables sobrepasaron los 8000 kg/ha (García-Vaquero et al., 2014, datos no publicados).

**Tabla 3.** Rendimientos de diferentes leguminosas (variedades) de interés ganadero en Castilla y León durante las campañas 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 (kg/ha) (García-Vaquero et al., 2014, datos no publicados).

Leguminosa (variedades)	Media	Mejor variedad (media)
Guisante (23)	2.610	2.976
Alberjón (17)	2.262	2.453
Garbanzo negro (1)	1.798	1.798
Titarro (11)	1.847	2.365
Yero (24)	1.858	2.068
Almorta (12)	1.366	1.669
Algarroba (7)	786	974

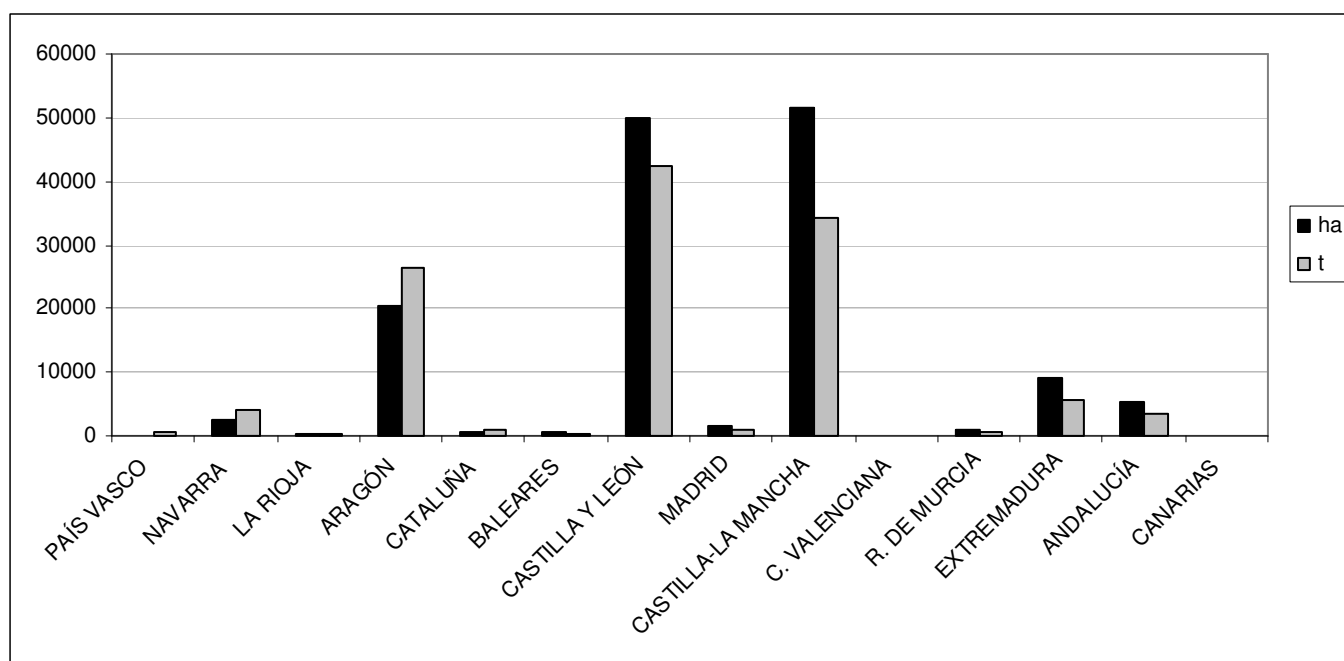
## 2.2. Producción de guisante seco y alberjones

El guisante es posiblemente la leguminosa más investigada y mejorada después de la soja (Figuras 9 y 10). La superficie destinada al cultivo de guisante proteaginoso se ha incrementado en los últimos años de manera significativa (Tabla 4). A pesar de ello, los rendimientos no aumentan del mismo modo y permanecen por encima de la t/ha desde 1990, muy lejos del verdadero potencial que se podría obtener si se utilizaran las variedades y técnicas de cultivo adecuadas. (Caminero, 2002). Es una producción destinada en un 90% para alimentación de ganado, siendo las variedades de primavera las más utilizadas, al asociarse con menos factores antinutritivos (FAN) y mayor rendimiento agrícola (Leterme et al., 1990; FEDNA, 2010). En la actualidad, la mejora genética y el conocimiento de las variedades de invierno, sería más exacto decir variedades tolerantes al frío, nos muestran otra realidad: su producción es mayor, al igual que el nivel de proteína, y no siempre los FAN son más elevados, concretamente los inhibidores de proteasas (IP) tanto de tripsina (IT) como de quimotripsina (IQ) (Grosjean et al., 2000; González-García, 2001; Caminero,

2002). Las mayores producciones corresponden a las comunidades castellanas como vemos en la Figura 8, seguidas de Aragón y Extremadura.

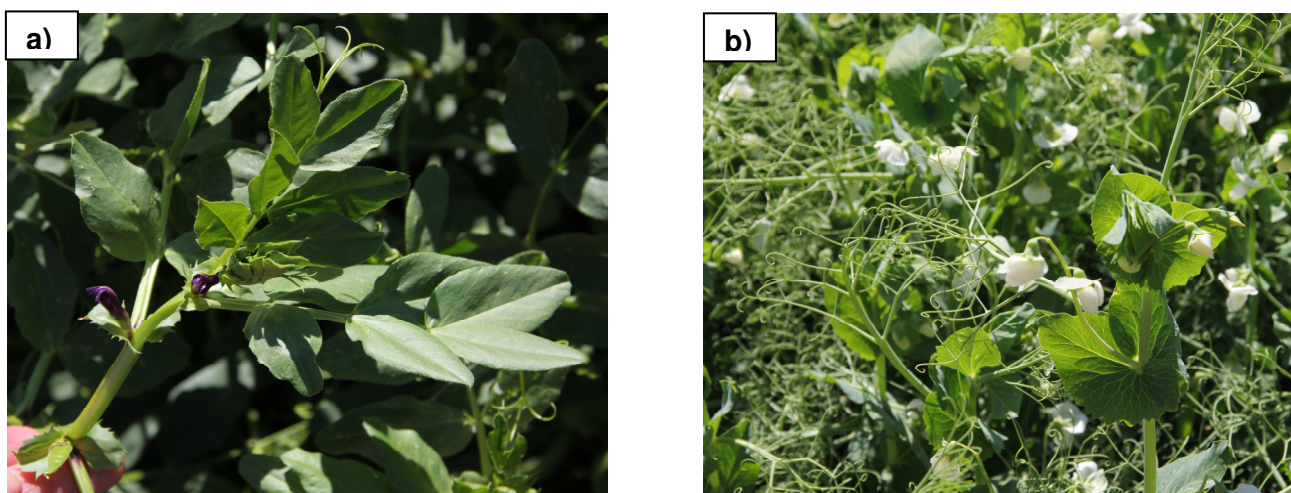
**Tabla 4.** Producción nacional de guisante seco (t). Destino final de los diferentes cultivos 2001 - 2012 (MAGRAMA, 2013).

Años	Consumo animal		Consumo humano	
	Superficie ha x 1000	Producción t x 1000	Superficie ha x 1000	Producción t x 1000
2001	49,7	51,3	0,3	0,3
2002	76,0	95,1	3,6	5,1
2003	104,4	147,3	0,9	1,0
2004	125,3	184,5	11,8	16,7
2005	141,3	127,9	0,2	0,2
2006	134,1	171,3	7,0	9,3
2007	135,0	147,6	7,2	12,6
2008	83,7	127,0	9,4	7,4
2009	150,4	138,5	9,7	9,3
2010	172,1	217,4	29,3	34,2
2011	203,4	228,0	37,9	25,4
2012	143,3	120,2	10,1	0,8

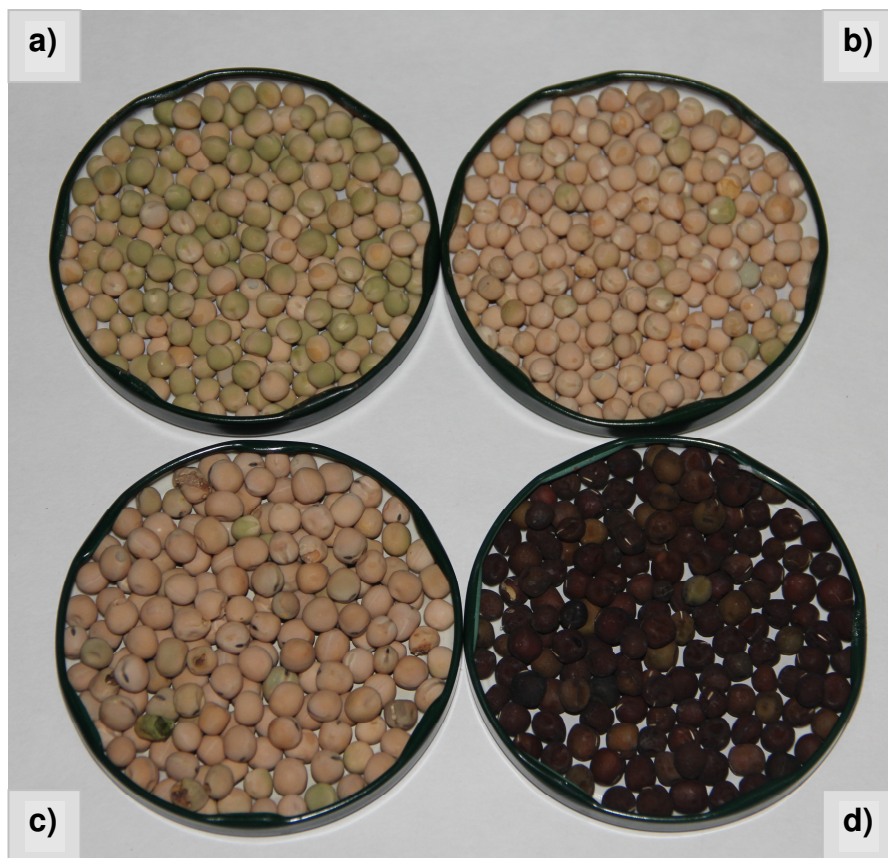


**Figura 8.** Superficie y producción de guisante seco por CCAA en 2012 (MAGRAMA, 2013).

El alberjón (Figuras 9 y 10) se caracteriza por su adaptación a condiciones desfavorables de clima y suelo, y una elevada resistencia a las plagas y patologías más habituales de las leguminosas (Siddique et al., 1996; Firincioğlu et al., 2012). Su rendimiento puede llegar a superar a las mejores variedades de guisantes, como demuestran los ensayos realizados en el ITACYL (García et al., 2006), y en condiciones óptimas sobrepasar los 5000 kg/ha (Abd El Monein, 1992; Enneking y Maxted, 1995; Franco Jubete, 1996; Van de Wouw et al., 2001). En la actualidad es un cultivo marginal, principalmente de Castilla y León, del que no se sabe con certeza la superficie cultivada ni la producción obtenida. A esta situación se llega al no estar incorporado dentro de los cultivos que reciben ayudas por parte de la UE; sin embargo los datos obtenidos y el potencial que muestra hacen pensar que su recuperación ofrece posibilidades interesantes sin perder rentabilidad.



**Figura 9.** Planta de alberjón (a) y de guisante (b).



**Figura 10.** Guisantes: a) Iceberg, b) Cartouche, c) Luna; d) alberjón ZV 220.

### 3. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LAS LEGUMINOSAS AUTÓCTONAS

Las leguminosas autóctonas (leguminosas grano y proteaginosas) se caracterizan por presentar niveles elevados y muy variables de proteína, bajos de grasa y, exceptuando el altramuza, cantidades de almidón que se aproximan al de los cereales. Poseen además un amplio catálogo de FAN, que condicionan la disponibilidad de los nutrientes, especialmente de las proteínas. La cantidad de proteína y FAN dependen no solo de la especie y la variedad sino de las condiciones y técnicas de cultivo (Muel et al., 1998; Pisulewska y Pisulewski, 2000; Vidal-Valverde et al., 2003). En la Tablas 5 y 6 se compara la composición nutritiva y el perfil de aminoácidos (AA) de diferentes especies y variedades frente a HnaS, un guisante mejorado de invierno (Viriato) y otro de primavera (FEDNA, 2010).

**Tabla 5.** Composición nutricional (% MF) de distintas leguminosas autóctonas, harina de soja 44 y guisante primavera.

Nutriente <sup>1</sup>	Alberjón blanco	Garbanzo blanco	Garbanzo marrón	Garbanzo negro	Guisante Primavera <sup>2</sup>	Guisante Viriato	Harina 44 <sup>2</sup>	Titarro ZL 41	Yero Mo	Camuña <sup>3</sup>
Humedad	9,77	8,60	7,72	9,00	12,3	9,82	12,1	10,16	10,71	9,68
PB	24,63	19,38	18,85	18,05	20,5	22,32	44	21,87	19,25	24,42
EE	1,01	4,57	3,75	3,79	1,5	0,65	1,7	0,68	1,12	0,81
Geniza	3,2	2,47	2,55	2,75	2,8	2,53	6,2	2,74	3,02	2,45
H de C	nd	55,49	58,71	56,39	nd	64,55	nd	55,41	nd	53,87
Almidón	30,29	43,89	40,29	41,58	40,5	41,95	0,5	38,54	38,82	37,66
Amilosa	nd	24,60	28,80	10,50	nd	28,10	nd	32,50	nd	nd
Amilopectina	nd	75,40	71,20	89,50	nd	71,90	nd	67,50	nd	nd

<sup>1</sup> PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; H de C: hidratos de carbono; Amilosa y Amilopectina según % de almidón. Fuente: ITACYL 2011, datos no publicados. <sup>2</sup> FEDNA 2010. <sup>3</sup> Camuña: es un cultivo rústico de la zona de Palencia mezcla de legumbres y cereales, en este caso titarro mezclado con cereales diversos. nd: no determinado.



**Tabla 6.** Composición en proteína bruta y aminoácidos (% MF) de distintas leguminosas autóctonas, harina de soja 44 y guisante primavera.

Nutriente	Algarroba ZV 119	Alberjón blanco	Garbanzo			Guisante		Harina de soja 44*	Titarro ZL 41	Yero Mo	Camuña**	Alholva
			blanco	marrón	negro	primavera*	Viriato					
Proteína	22,81	24,63	19,38	18,85	18,05	20,5	23,3	44	26,70	19,25	20,63	24,22
Alanina	1,04	1,00	0,83	0,86	0,85		0,90		1,07	0,83	0,99	0,97
Arginina	1,88	1,81	2,33	2,05	1,31		1,91		1,91	1,15	1,97	2,02
Asparagina	2,49	2,66	2,37	2,43	2,41		2,33		3,00	2,19	2,56	2,54
Cistina	0,20	0,48	0,26	0,23	0,27	0,30	0,31	0,70	0,34	0,26	0,19	0,39
Fenilalanina	1,30	1,08	1,19	1,08	1,26		1,12		1,14	0,90	1,20	1,02
Glicina	0,77	0,91	0,77	0,80	0,74		0,80		0,99	0,73	0,94	1,17
Glutamina	3,50	3,67	3,25	3,22	3,34		3,29		3,67	2,79	3,95	4,00
Histidina	0,54	0,58	0,52	0,53	0,57		0,56		0,64	0,49	0,62	0,71
Isoleucina	0,99	1,05	0,93	0,91	1,01	0,86	0,99	2,02	1,05	0,82	1,07	1,35
Leucina	1,50	1,30	1,51	1,44	1,44		1,50		1,66	1,24	1,65	1,71
Lisina	1,46	1,61	1,39	1,31	1,43	1,48	1,55	2,73	1,51	1,18	1,62	1,61
Metionina	0,23	0,20	0,22	0,25	0,29	0,23	0,20	0,66	0,22	0,16	0,27	0,34
Serina	0,93	1,16	0,97	1,05	1,00		0,94		1,24	0,91	1,00	0,80
Tirosina	0,90	0,61	0,71	0,50	0,60		0,85		0,83	0,52	0,65	0,73
Treonina	0,84	0,94	0,76	0,68	0,76	0,78	0,81	1,76	0,95	0,69	0,80	0,67
Triptófano	0,22	0,22	0,33	0,28	0,20	0,18	0,18	0,57	0,22	0,21	0,22	0,34
Valina	1,18	1,10	1,02	0,98	1,07	1	1,19	2,20	1,09	0,85	1,22	1,02

Fuentes: ITACYL 2006/2013, datos no publicados. \* FEDNA 2010. \*\* Camuña: es un cultivo rústico de la zona de Palencia mezcla de legumbres y cereales, en este caso con yero (93%), titarro (4%) y veza (3%).

### 3.1. Factores antinutritivos o bioactivos

Los FAN, y más concretamente su desconocimiento, suponen un inconveniente para la incorporación de las leguminosas como ingrediente en los piensos. Estos compuestos, a los que sería más acertado denominar factores bioactivos o biológicamente activos (FBA) como indican Thompson (1993), Muzquiz et al., (2004) y Muzquiz (2012), suponen una defensa de la planta contra agentes bióticos además de material de reserva durante la germinación. Desde el punto de vista bioquímico se pueden clasificar como proteínas, aminoácidos no proteicos, glúcidos, polifenoles, alcaloides, etc., lo que hace muy complicada y laboriosa su determinación y cuantificación (Goyoaga, 2005). En la Tabla 7 se muestran los FBA más interesantes de legumbres autóctonas y su efecto en monogástricos.

No tienen una actividad nutricional clásica (estructural, energética, moduladora de reacciones bioquímicas, etc.) y su presencia y efecto difiere en cada legumbre y variedad, influyendo las condiciones y técnicas de cultivo (Grosjean et al., 1998b). En general actúan dificultando la asimilación de nutrientes (proteína, almidón, minerales), provocando efectos indeseables (mal sabor, flatulencia), incluso intoxicaciones o patologías graves (latirismo, depresión respiratoria) comprometiendo, lógicamente, el rendimiento zootécnico y la salud de los animales (Goyoaga, 2005; Savon y Scull, 2006; Mosenthin y Jezierny, 2010).

La resistencia de los FAN es muy dispar y se han utilizado muchos métodos para controlar su actividad. Desde procedimientos físicos (descascarillado, remojo con agua, molido, extrusión, presión, cocción, radiaciones), químicos (tratamientos con ácidos, álcalis, disolventes), bioquímicos (enzimas, vitaminas, fermentaciones, aminoácidos), biológicos (germinación y selección genética) y en todos ellos la idea básica es neutralizar o disminuir los efectos indeseables (Hendriks et al., 1994; Rockey, 1995; Adamidou et al., 2011). El inconveniente de estos tratamientos es doble, por un lado el encarecimiento de los piensos y por otro la posible degradación de la proteína, principalmente del aminoácido lisina (Lys), sensible a las altas temperaturas (Brenes et al., 1993; Crevieu-Gabriel, 1999).

**Tabla 7.** Efecto de los FAN de legumbres autóctonas y soja en animales monogástricos.

FAN (FBA)	Efecto perjudicial	Leguminosa o género
<b>Proteínas</b>		
Inhibidores de proteasas		
- Inhibidores de tripsina	Alteran la absorción proteica	Guisante, garbanzo negro, titarro
- Inhibidores de quimotripsina		
Inhibidores, de amilasas	Impiden la degradación del almidón	
Lectinas	Malabsorción, hemoaglutinación	Guisante, judía
$\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl Cysteine (GEC)	Sabor azufrado, baja ingesta	Alberjón
Proteínas antigénicas	Malabsorción, diarrea	Soja
<b>Aminoácidos no proteicos</b>		
L-DOPA (levodopa, L-3,4 dihidroxifenil alanina)	No demostrado	Judía, lenteja, guisante
ODAP (ácido oxalildiaminopropiónico)	Neurotóxico (Latirismo)	<i>Lathyrus</i>
Homoarginina/Canavanina	Bajo consumo y crecimiento	<i>Lathyrus</i>
<b>Glúcidos</b>		
$\alpha$ -Galactósidos		
- Rafinosa/Estaquiosa/Verbascosa	Flatulencia	Soja, guisante
Glicósidos		
- Cianogénicos	Alteración metabolismo AA azufrados, fallo respiratorio	<i>Phaseolus, Vicia</i>
- Vicina/Convicina	Fabismo	<i>Vicia</i>
Saponinas	Amargor, baja ingesta	Guisante, garbanzo, soja
<b>OTROS</b>		
Alcaloides	Reducen el consumo (sabor amargo)	Garbanzo, soja, lenteja, altramuz
Compuestos fenólicos	Alteran la absorción proteica y mineral, baja ingesta	Guisante, haba, judía
- Taninos		
Ácido fítico (IP6)	Reduce la absorción de proteínas y minerales: Ca, P, Zn, Mg	Soja, guisante garbanzo

Fuentes: Liener (1989), Huisman y Tolman (1992), Thompsom (1993), D'Mello (1995), Goyoaga (2005), Muzquiz (2012), Gulewicz et al. (2014).

En el caso de los IP (Tabla 8), que se encuentran prácticamente en todas las leguminosas y tienen especial interés en los guisantes, la resistencia depende de la composición bioquímica; los inhibidores de Kunitz, con más efecto inhibidor de tripsina que

de quimotripsina, son termolábiles y predominan en la soja; por el contrario los de Bowman-Birk, presentan similar efecto inhibitor (IT, IQ) son mayoritarios en los guisantes y más estables frente al calor, ácidos y bases (Birk, 1985; Van Amerongen et al., 1998; Goyoaga, 2005). El dipéptido  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl Cysteine (GEC) es un FAN exclusivo del alberjón, con un contenido elevado de azufre (S), termorresistente y sensible a soluciones ácidas o básicas (Enneking, 1995a; Enneking et al., 1998; Berger et al., 2003).

**Tabla 8.** Unidades de tripsina (UTI) y quimotripsina inhibida (UQI) y % de GEC<sup>2</sup> en distintas leguminosas autóctonas y soja (Fuentes: INIA e ITACYL 2011/2014, datos no publicados).

Leguminosa	Variedad	UTI/mg <sup>1</sup>	UQI/mg <sup>1</sup>	GEC <sup>2</sup>
<i>Pisum sativum</i>	Luna	12,55	15,75	
	Chicarrón	9,94	12,22	
	Cartouche	9,87	10,16	
	Babieca	10,32	8,98	
	Manolete	8,66	6,09	
	Truco	9,75	10,37	
	Viriato	9,73	11,14	
	Cabestrón	11,81	9,94	
	Iceberg	5,75	8,62	
<i>Glicine max</i>	Soja extrusionada	2,36	4,65	
	Soja 44	0,61	3,56	
	Duraton	14,51	10,12	
<i>Cicer arietinum</i>	ELF	12,60	9,74	
	Tizón	12,70	11,38	
<i>Vicia narbonensis</i>	Icarda	7,01	6,20	1,65
	ZV-220	3,86	3,62	1,52
	ZV-154	6,95	4,71	1,61
<i>Lathyrus cicera</i>	ZL-02	15,14	16,60	
	ZL-41	16,28	20,78	
<i>Vicia ervilia</i>	Taranto	7,60	8,20	
	Victorio Villanueva	6,52	8,68	
Camuña <sup>3</sup>	Camuña	9,09	1,33	

<sup>1</sup> Unidades inhibidas por mg de muestra fresca; <sup>2</sup>  $\gamma$ Glutamyl S Ethenyl Cysteine; <sup>3</sup> Mezcla de Yeros + Titarros (4%) + Veza (3%)

Sin embargo, según se avanza en su conocimiento, se ponen de manifiesto una serie de características favorables para la salud cuando se ingieren en cantidades adecuadas, ejerciendo efectos beneficiosos en el metabolismo hidrocarbonado y lipídico, sobre el

sistema cardiovascular y contra procesos tumorales (Messina, 1999; Champ, 2002; Muzquiz, 2012).

A pesar de la importancia del cerdo como modelo humano en el estudio de diversas patologías, el interés del presente trabajo radica en estimar qué cantidades de FAN son tolerados por los animales en el pienso, incluso si pueden favorecer la palatabilidad del mismo o la absorción de nutrientes, mejorando el rendimiento zootécnico.

### 3.2. Características nutricionales del guisante

El guisante es una materia prima de gran interés para la nutrición de ganado porcino, con un porcentaje de almidón cercano al de los cereales, poca grasa e insaturada, fibra de buena calidad y cantidades de PB que varían del 14% al 33% (Tabla 9) dependiendo de la variedad, época de siembra y técnica de cultivo (Castell et al., 1996; Grosjean et al., 1998ab; González-García, 2001). El perfil de AA (Tabla 10) como Lys, treonina (Thr) y triptófano (Trp) es adecuado para las necesidades de ganado porcino y deficitario para los requerimientos de AA azufrados metionina-cistina (Met-Cys) (Grosjean et al., 2000; FEDNA, 2010). A pesar de que las variedades de primavera son las más empleadas, las variedades de invierno tienen porcentajes de proteína que pueden superar en dos puntos a las de primavera y no siempre mayores niveles de inhibidores de proteasas (IP) (González-García, 2001; Caminero, 2002).

Poseen taninos, saponinas, lectinas y fitatos, pero en cantidades que, en principio, no crean problemas en los animales (Rubio et al., 1995; Brenes et al., 2004; Mateos et al., 2008). Sin embargo, los IP, tanto de tripsina (IT) como de quimotripsina (IQ) pueden provocar una mala asimilación de las proteínas, y de una manera más acusada en animales jóvenes (Bengala-Freire et al., 1989; Grosjean et al., 1997; Mateos et al., 2008), aumentando la resistencia con la edad como indican Batterham et al. (1993). La cantidad de IP en guisantes, concretamente de los IT, presenta un rango muy amplio: 1,8-14,6 UTI/mg MS, dependiendo en gran medida de la variedad y del cultivar (Muel et al., 1998; Pisulewska

y Pisulewski., 2000; Vidal-Valverde et al., 2003). Según la actividad IT se clasifican en cuatro categorías (Carrouée et al., 1994):

- Actividad muy baja: 2 a 4 UTI/mg,
- Actividad baja: 4 a 7 UTI/mg,
- Actividad media: 7 a 10 UTI/mg
- Actividad alta: 10 a 13 UTI/mg

Los IQ tienen más capacidad inhibidora y en el caso de los guisantes se encuentran en mayor cantidad que los IT (del 3 al 33,3%), a pesar de que estos últimos se emplean habitualmente como marcadores de actividad IP (Griffiths, 1984; Thompson, 1993; Champ, 2002).

**Tabla 9.** Nutrientes (%) de harina de soja, haba de soja, variedades de guisantes de invierno y alberjón.

Nutriente **	Soja*		Guisantes			Alberjón
	Harina	Haba	Cartouche	Iceberg	Luna	ZV 220
Materia seca	88,00	89,90	89,95	90,45	90,01	88,40
Proteína bruta	47,00	36,80	21,10	23,20	23,30	26,48
Fibra bruta	4,1	6,10	5,2	5,7	6,36	8,2
Grasa bruta	1,9	19,20	1,48	1,15	1,15	1,55
Cenizas	6,2	4,80	2,47	2,74	2,48	3,49
Almidón	0,5		43,36	40,88	43,56	32,25
Amilosa			35,17	34,46	36,36	25,6
Amilopectina			64,83	65,54	63,64	74,4

Fuentes: ITACyL 2011/2014, datos no publicados. \* FEDNA 2010. \*\* Según porcentaje de materia fresca (MF); Amilosa y Amilopectina según % de almidón.

### 3.3. Características nutricionales del alberjón

La composición nutricional del alberjón, muestra más proteína que el guisante (Tablas 9 y 10) con valores medios de 21 a 30% (Francis et al., 1999; Brand et al., 2004; Kökten et al., 2010). El contenido en grasa es muy bajo y con un predominio de ácidos grasos insaturados del 80% (Kökten et al., 2010), pero con un porcentaje de almidón inferior a

los guisantes. Si atendemos al perfil de AA, los valores de Lys se asemejan a los del guisante, pudiendo llegar al 2% (Hadjipanayiotou y Economides, 2001), siendo adecuados para las necesidades de ganado porcino de estas características, al igual que la Thr y el Trp (FEDNA, 2013). La cantidad de AA azufrados, Met+Cys, es por el contrario más elevada que en el guisante. Estos datos, *a priori* interesantes, no se corresponden con las posibilidades prácticas debido a la presencia del dipéptido GEC, FAN presente en los cotiledones, con un 11,6% de S en su composición (Enneking, 1995b).

**Tabla 10.** Composición en proteína bruta (PB) y aminoácidos (AA) de distintas variedades de guisantes de invierno y alberjón.

Nutrientes*	Guisantes					Alberjón
	Cartouche	Iceberg	Chicarrón	Luna	Viriato	ZV-220
Proteína	21,10	23,20	21,65	23,3	22,32	26,48
Alanina	0,90	1,04	0,99	0,90	0,93	1,02
Arginina	1,82	2,13	2,05	1,91	1,90	2,00
Asparragina	2,32	3,10	2,25	2,33	2,29	2,75
Cistina	0,33	0,39	0,32	0,31	0,31	0,53
Fenilalanina	1,16	1,08	1,10	1,12	1,12	1,11
Glicina	0,76	0,99	0,80	0,80	0,75	0,95
Glutamina	3,31	2,96	3,43	3,29	3,14	3,76
Histidina	0,53	0,58	0,55	0,56	0,53	0,61
Isoleucina	0,97	0,98	0,98	0,99	0,97	1,07
Leucina	1,55	1,57	1,50	1,50	1,52	1,45
Lisina	1,60	1,62	1,58	1,55	1,52	1,66
Metionina	0,23	0,17	0,22	0,20	0,20	0,21
Serina	0,99	1,12	1,02	0,94	0,91	1,17
Tirosina	0,83	0,70	0,74	0,85	0,85	0,69
Treonina	0,88	0,87	0,84	0,81	0,80	0,97
Triptófano	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17	0,22
Valina	1,20	1,05	1,10	1,19	1,19	1,12

Fuente: ITACyL 2011/2014, datos no publicados. \* Según porcentaje de materia fresca (MF)

En consecuencia, el alberjón tiene una cantidad de S en la semilla que varía de 0,28 a 0,37%, mayor que en otras leguminosas incluido el guisante (S = 0,18%). El porcentaje de GEC depende de la variedad con un rango de 0,4 a 3,8% (Enneking et al., 1998; Francis et al., 1999; Berger et al., 2003; Arias Royo et al., 2006), de las condiciones del cultivo y de la composición en S del suelo (Enneking y Wink, 2000; Arias-Royo et al., 2006). El nivel elevado

de S es el responsable de los sabores y olores desagradables al incluir porcentajes altos de alberjones en el pienso, empeorando la palatabilidad y en consecuencia disminuyendo el consumo (Arias Royo et al., 2006; Tate y Enneking, 2006).

#### 4. ENSAYOS GANADEROS CON GUI SANTES Y ALBERJONES

Las dos leguminosas objeto de estudio tienen un protagonismo muy diferente en su aplicación a la alimentación ganadera. La mejora agronómica del guisante se realiza en España desde los años 80, con estudios de su efecto zootécnico en dietas para todas las especies, como forraje o grano seco, procedentes principalmente de la UE y de América.

Por el contrario, el alberjón es el gran olvidado en todos los aspectos, permaneciendo al margen de mejoras genéticas y de estudios en alimentación ganadera de forma reglada.

##### 4.1. Ensayos ganaderos con guisantes en lechones

Las referencias de ensayos con guisantes aplicados a piensos de lechones son numerosas. Se plantean de forma muy heterogénea y con resultados desiguales o contradictorios, bien sea por la edad de los animales, los niveles de FAN (IP: analizados o no), por utilizar guisantes procesados previamente o debido a bajos porcentajes de inclusión en los piensos.

Una característica común a todos ellos es el empleo masivo de variedades de primavera, siendo las variedades tolerantes al frío marginadas completamente al relacionarse con cantidades elevadas de IP, los FAN más problemáticos de esta leguminosa en nuestro caso (McLaughlin et al., 1983; Grosjean et al., 2000; Valencia et al., 2008). En la Tabla 11 se muestran ensayos de distintos autores comprendidos en el periodo de 1989 a 2015.



Al final de la década de los 80, y en los 90, investigadores franceses administraron piensos con guisante primavera a lechones desde primeras edades. Es el caso de Bengala-Freire et al. (1989), que suplieron parte de la soja con porcentajes elevados (45%) de guisantes extrusionados o crudos obteniendo los peores resultados productivos en los lechones alimentados con estos últimos. Gatel et al. (1989) con un diseño muy parecido llegaron a las mismas conclusiones, y al añadir metionina, AA deficitario en esta legumbre, los resultados productivos fueron más favorables que en los lechones alimentados con el pienso control de soja. Los dos ensayos de Grosjean et al. (1997) ofrecieron un hecho diferenciador con sus predecesores, al incluir un guisante de invierno con una cantidad de IT más elevada, que empeoró los resultados de los lechones que lo consumieron.

Hasta este momento la literatura indica datos analíticos de la cantidad de IT en los guisantes utilizados, pero esta información es escasa al referirnos a su presencia en la ración, por no hablar de los IQ que no son tenidos en cuenta.

En los inicios del siglo XXI, cobran relevancia los experimentos que proceden de EEUU. Así, Stein et al. (2004) y Stein y Peters (2008) en varios ensayos, sustituyeron la soja por guisante primavera, tratado o sin tratar, llegando a porcentajes de inclusión del 60%. Tales autores, aunque no mostraron datos de FAN ni en los guisantes ni en las raciones, no observaron diferencias significativas en ninguna de las variables productivas analizadas según el tratamiento alimenticio aplicado.

Concentrar la proteína del guisante llegando al 52,5% de PB, supone concentrar del mismo modo los IP (Valencia et al., 2008); el rendimiento productivo de los lechones empeora de manera significativa en las fases iniciales de transición (prestárter); sin embargo, este empeoramiento se diluye posteriormente en la fase estárter, y las diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos se convierten en tendencia ( $P < 0,10$ ). Los autores aconsejan, pues, su restricción en primeras edades (Tabla 11). Además, habría que tener en cuenta el coste añadido que supone el tratamiento de los guisantes.

Brooks et al. (2009) ya expusieron mejoras significativas de los resultados productivos, añadiendo un 20% de guisante primavera al pienso de lechones desde los 6 a

los 17,9 kg, sin indicar los niveles de IP. En un reciente trabajo de Gómez-Fernández et al. (2015) también se plasmaron mejoras significativas en el crecimiento al añadir 24,7% de guisante, esta vez de invierno, reemplazando el 50% de la soja y con datos de IP (IT + IQ) en guisante y dietas (Tabla 11).

Tabla 11. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de transición.

Autor	Fase productiva kg, dv (n) <sup>1</sup>	Pienso (soja-guisante)%	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Guisante verano (GV)				Variables productivas <sup>4</sup>					
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante					
Bengala-Freire et al. (1989)	6,6 a 25,9 (20)	(28-0)	-									
		(25-15)	Sin tratar									
		(19-30)	Sin tratar									
		(16-45)	Sin tratar									
		(19-30)	Extrusión	G: 2,85								
		(16-45)	Extrusión	G: 2,85	G: 2,85							
						**; EEM 12,25	**; EEM 8,54	**; EEM 0,02	**; EEM 0,39			
Gatel et al. (1989)	10,8 a 27 (20)	(32,5-0)	Sin tratar									
		(16,5-30)	Sin tratar									
		(16,45-30)+metionina	Sin tratar	GP: 2,17								
						**; CV 5,3	**; CV 5,2	**; CV 3,4	**; CV 3,7			
Grosjean et al. (1997)	8,2 a 25,3 kg (24)	(21,9-0)	-									
		(16,2-40)	Sin tratar									
		(16,4-40)	Molido	G: 2,4								
	(15,0-40)	Extrusión	G: 1,9									
							NS; CV 1,1	NS; CV 10,6	**; CV 6,3	NS; CV 7,3		
13 a 30 kg (24)	(15-15)	Sin tratar	G verde: 1,9									
	(4,7-40)	Sin tratar	G verde: 1,9									
	(4,7-40)	Sin tratar	G amarillo: 2,0									
	(4,7-40)	Sin tratar	G verde oscuro: 10,4									
						**; CV 10,1	***; CV 10,0	***; CV 8,0	**; CV 5,5			
Stein et al. (2004) <sup>5</sup>	7,8 a 19,7 (6)	(25-0)	Sin tratar									
		(23-6)	Sin tratar									
		(21-12)	Sin tratar	GP								
		(19-18)	Sin tratar	GP								
								NS; EEM 50	NS; EEM 25	NS; EEM 0,01	NS; EEM 1,33	
Stein y Peters (2008) <sup>5</sup>	34dv a 59dv (7)	(37-0)	-									
		(0-24,5)	Sin tratar									
		(0-49)	Sin tratar									
		(0-24,5)	Extrusión	GP								
		(0-49)	Extrusión	GP								
								NS; -	NS; -	NS; -		

Tabla 11. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de transición (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (soja-guisante)%	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Guisante verano (GV)					Variables productivas <sup>4</sup>														
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg											
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante															
Stein y Peters (2008) <sup>5</sup>	8,9 a 24 (7)	(27-0)	Sin tratar		GP							930	551	0,59	24,36							
		(0-12)										933	574	0,61	24,99							
		(0-24)										944	530	0,56	23,78							
		(0-36)										913	548	0,61	24,27							
		(0-48)										884	494	0,56	22,80							
		(0-60)										915	532	0,59	23,85							
						NS; EEM 61	NS; EEM 34	NS; EEM 0,017	NS; EEM 1,6													
Valencia et al. (2008)	26dv a 48d (5)	(0-Concentrado prot. de guisante CPG: 10,5) (Concentrado prot. de soja CPS: 10-0) (Harina de soja: 12,1-0) (Soja: 15,7-0)			G: 3,2 CPG: 4,9 CPS: 1,6 Harina de Soja: 2,7 Soja: 4,7							411	386	1,06								
												441	418	1,06								
												441	412	1,07								
												405	376	1,08								
																NS; EEM 11,6	NS; EEM 12,6	NS; EEM 0,02				
Brooks et al. (2009) <sup>5</sup>	6,6 a 10,5 (10)	(27,5-0)	Sin tratar		GP							566 <sup>b</sup>	392 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	17,57 <sup>b</sup>							
		(27,5-0) + enzimas (25,5-20)										555 <sup>b</sup>	379 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	17,55 <sup>b</sup>							
	(25,5-20) + enzimas	622 <sup>a</sup>										409 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	17,96 <sup>a</sup>								
	(30,2-0)	641 <sup>a</sup>										426 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	18,66 <sup>a</sup>								
10,5 a 17,9 (9)	(30,2-0) + enzimas (26,8-20)	(26,8-20) + enzimas										**; EEM 21	**; EEM 14,6	**; EEM 0,01	*; EEM 0,68							
Gómez- Fernández et al. (2015)	7 a 22,4 (8)	(21,5-0)	Sin tratar		Alberjón: 5,5 GI: 9,94																	
		(19,8-5 alberjón)														0,46	1,37	Alberjón: 5,41	635	411 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	21,8 <sup>b</sup>
		(12,1-24,7)														0,50	1,40	GI: 12,22	648	418 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	22,1 <sup>b</sup>
																1,50	1,79		661	449 <sup>a</sup>	1,47 <sup>b</sup>	23,24 <sup>a</sup>
									NS; EEM 9	*; EEM 8	*; EEM 0,021	*; EEM 0,32										

<sup>1</sup> n: número de réplicas por tratamiento. <sup>2</sup> UTI/mg: unidades de tripsina inhibida por mg. <sup>3</sup> UQI/mg: unidades de quimotripsina inhibida por mg. <sup>4</sup> CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; NS: no significativo; EEM: error estándar de la media; CV: coeficiente de variación. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas. <sup>5</sup> IC según crecimiento/consumo (GMD/CMD; G:F).

#### 4.2. Ensayos ganaderos con guisantes en cerdos de cebo

La situación de los ensayos con guisantes en la fase de cebo, sigue la tónica de lo visto en lechones: son abundantes, sustituyen parcial o totalmente la soja de la dieta, utilizan fundamentalmente guisantes de primavera, y la mayoría no tienen en consideración los niveles de IT y menos aún los IQ, tanto en el guisante como en el pienso, con resultados discordantes.

En la Tabla 12 se presentan ensayos de distintos autores con guisantes en la fase de engorde. En la mayoría de los casos son la continuación de pruebas con lechones, con un protagonismo claro de investigadores franceses, el país de la UE que más guisante produce y destina a la fabricación de piensos. Mientras unos autores limitan su incorporación entre el 20 y 35% (Castell et al., 1996), otros llegan al 39% (Mathé et al., 2003) o al 36% en el caso de Stein et al. (2004). Bengala-Freire et al. (1989) plantearon porcentajes del 45%, sin obtener diferencias de rendimiento en relación con piensos basados en soja como fuente de proteína. En general no relacionan la cantidad de inhibidores en la dieta con los resultados y es de suponer que trabajan con guisantes bajos en IP.

En otros trabajos la soja es reemplazada completamente por guisantes. Gatel et al, (1989) obtuvieron el mismo rendimiento en cerdos alimentados con un pienso único durante la fase de cebo (28 a 101 kg) que tenía un 41% de guisante de primavera, frente a un control con soja y trigo; Stein et al. (2006) en cerdos más pesados (22 a 123 kg) no observaron diferencias significativas en rendimiento productivo ni en calidad de la canal, al suministrar durante las distintas fases de cebo 66, 48 y 36% de guisante primavera frente a una ración con soja y cereal.

La utilización de variedades de invierno se limita a los experimentos de Grosjean et al. (1989), que en un primer ensayo compararon 3 piensos, todos con soja: control de soja, 30% guisante de invierno (8,9 UTI/mg) y 30% de guisante primavera (4,1 UTI/mg). No hubo diferencias entre los cerdos (30 a 100 kg) que comieron los guisantes y el control, pero sí entre los piensos con guisantes, encontrándose menor CMD y GMD en los cerdos de los

piensos con guisante primavera. En un segundo ensayo con el mismo tipo de cerdos, los mismos guisantes (27%) y con soja (5%), no hubo diferencias entre los cerdos alimentados con ambos tipos de guisante. Son dos ensayos con un mismo diseño (un 3% menos de guisante en el segundo), sin embargo, en todas las dietas había soja, eran dietas únicas y se obtenían diferentes resultados entre ambos tipos de guisantes.

En otras ocasiones, se procesan los guisantes de distinta manera para neutralizar la actividad de los IP. La extrusión mejora el crecimiento de los cerdos, no así el expandido o la trituración (Bengala-Freire et al., 1989; Marlier et al., 1989; O'Doherty y Keady, 2001; Newman et al., 2011).

La edad parece influir en la susceptibilidad a los IP. En cerdos pesados (40 a 158 kg) Prandini et al. (2011) sustituyeron la soja por guisante sin observar efectos negativos en rendimiento ni en calidad de la canal. En un experimento iniciado más tarde y con menos peso al sacrificio (80 a 123 kg), Njoka (2008) valoró cuatro piensos: uno control de soja con tres sin soja y que incorporaban un 30% de guisantes, cada uno de un tipo: de invierno, de verano y de primavera. Sólo observó una tendencia en el CMD, siendo mayor en los animales alimentados con los piensos que incluían guisante de invierno o verano que con los que incluían guisante de primavera y el pienso control.

La reducción del CMD ha sido descrita por distintos autores y parece un efecto secundario de los IP, activando la liberación de la hormona colecistoquinina relacionada con la saciedad (McLaughlin et al., 1983). Para otros autores (Grosjean et al., 1997) los IT disminuirían la digestibilidad del triptófano provocando una falta de apetito; sabores desagradables derivados de otros FAN como las saponinas podrían influir, aunque la cantidad presente en los guisantes no parece suficiente para provocar el rechazo (Price et al., 1985). Incluso el tipo de almidón podría afectar la palatabilidad del pienso (Bengala-Freire, et al., 1989). Estudios más recientes en cerdos de 30 a 122 kg que enfrentaban un pienso control de soja con otro que la sustituía por un guisante de invierno, no variaron productivamente (de Mercado et al., 2013), ni el peso y rendimiento de canal (Gómez-Fernández et al., 2013).

Tabla 12. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de cebo.

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Piensos (H: harina); (soja-guisante)%	Piensos (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Guisante verano (GV)				Variables productivas <sup>4</sup>						
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
				Piense	Guisante	Piense	Guisante						
Bengala Freire et al. (1989)	25,2 a 101,4 (5)	(28-0) (25-15) (19-30) (16-45) (19-30) (16-45)	-	-	-	Crecimiento (sin edad ni peso final)	1.800	644	2,81	102,3	81,0	-	
							1.750	572	3,05				
							1.760	619	2,82				
							1.730	629	2,80				
							1.790	657	2,75				
							1.660	618	2,70				
							NS; CV 0,07	NS; CV 0,18	NS; CV 0,09				
							2.810	797	3,54				
							2.820	805	3,63				
							2.960	850	3,50				
							2.990	847	3,61				
							2.910	839	3,49				
2.770	776	3,65											
NS; CV 0,07	NS; CV 0,14	NS; CV 0,07	NS; CV 0,03	NS; CV 0,02									
Gatel et al. (1989)	28 a 101 (24)	(21-0) (8-25) (0-41,5) (0-41,5)	Sin tratar	-	GP: 2,76	-	2.220	725	3,15	78,9 <sup>a</sup>			
							2.240	721	3,13		79,6 <sup>ab</sup>		
							2.220	735	3,05		79,8 <sup>b</sup>		
							2.230	719	3,12		79,4 <sup>ab</sup>		
							NS; -	NS; CV 5,9	NS; CV 6,2		*; CV 1,5		
	23 a 104 (24)	(24-0) (8,3-30) (8,3-30) (0-45)	Sin tratar	-	GP: 2,76	-	2.170	745 <sup>ab</sup>	2,92 <sup>ab</sup>	77,3			
							2.150	742 <sup>ab</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	77,4			
							2.160	764 <sup>b</sup>	2,83 <sup>a</sup>	77,4			
							2.160	735 <sup>a</sup>	2,95 <sup>b</sup>	77,5			
							NS; -	*; CV 4,8	*; CV 5,2	NS; CV 1,1			
	27 a 101 (24)	(21-0) (11-20) (6-30) (0-41)	Sin tratar	-	GP: 3,2	-	2.250	764	2,95	77,9			
							2.230	767	2,92	77,3			
2.230							764	2,93	78,0				
2.230							750	2,99	78,6				
NS; -							NS; CV 4,8	NS; CV 4,8	NS; CV 1,4				
Grosjean et al. (1989)	30,1 a 100,2 (20)	(21-0) (7-30) (6-30)	Sin tratar	-	PS: - PGI: 2,7 PGP: 1,2	(GI: 9,8) (GP: 4,1)	2.340 <sup>a</sup>	781	3,00	80,4			
							2.290 <sup>b</sup>	757	3,03	80,3			
							2.340 <sup>a</sup>	794	2,96	80,7			
	*; CV 2,6	NS; CV 6,0	NS; CV 6,3	NS; CV 1,5									
	25,2 a 103,6 (24)	(H: 21,4-0) (H: 5,5-30) (H: 5,5-30)	Sin tratar	-	GI: 9,8 GP: 4,1	-	2.180 <sup>a</sup>	741	2,95	77,0			
							2.190 <sup>a</sup>	744	2,98	77,4			
2.220 <sup>b</sup>							753	2,96	77,2				
**; CV 1,6	NS; CV 6,6	NS; CV 6,6	NS; CV 1,5										

Tabla 12. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (H: harina); (soja-guisante)%	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Guisante verano (GV)				Variables productivas <sup>4</sup>						
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante						
Grosjean et al. (1989)	25,7 A 100 (6)	(H: 5-27) (5-27) (H: 5-27) (5-27)	Sin tratar	P: 2,5	GI: 7,8	-	2.100	688	3,07	98,6	-	77,6	
				G: 2,4	GI: 7,8		2.100	718	2,93	100,0		77,8	
				P: 1,6	GP: 4,1		2.110	704	3,00	99,7		77,3	
				G: 1,7	GP: 4,1		2.110	721	2,92	100,8		77,9	
							NS; -	NS; CV 2,7	NS; CV 3,0	-		NS; -	
Marlier et al. (1989)	26,5 a 93 (6)	(19-0) (2-25) (2-25) (2-25)	Sin tratar Copos Extrusión	-	-	-	1.895	820 <sup>a</sup>	2,40	94,4 <sup>a</sup>	-		
				GP: 4,8			1.692	787 <sup>ab</sup>	2,30	92,1 <sup>ab</sup>			
				GP: 1,9			1.772	740 <sup>b</sup>	2,60	89,3 <sup>b</sup>			
				GP: 0,3			1.838	796 <sup>a</sup>	2,40	94,4 <sup>a</sup>			
							NS; CV 12,1	**; CV 7,82	NS; CV 0,1	*; CV 0,65			
Albar et al. (1992)	25 a 105 (2)	(Soja-25)	-	-	-	2.170	752	2,91		-	77,4		
						2.180	750	2,94			77,8		
						NS; -	NS; -	NS; -			NS; -		
O'Doherty y Keady (2001)	33 a 98 (12)	(25,8-0) (6,6-40) (25,8-0) (6,6-40)	Sin tratar	0,5		-	2.120	981	2,17	98,2	-	72,0	
			Expandido	0,5	G: 2		2.190	1.017	2,14	98,2		73,3	
			Sin tratar	1	G Exp: 1		2.120	927	2,32	98,0		71,9	
			Expandido	1			2.140	930	2,31	97,8		71,8	
					NS; EEM 54		*; EEM 34	***; EEM 0,04	NS; EEM 1,16	NS; EEM 1,15			
	33 a 98 (12)	(25,8-0) (6,6-40) (6,6-40) (6,6-40)	Sin tratar	0,5	G: 2	-	2.120	981 <sup>ab</sup>	2,17 <sup>a</sup>	98,2	-	72,0	
			Sin tratar	1	G Exp: 1		2.120	927 <sup>a</sup>	2,32 <sup>b</sup>	97,8		71,8	
			Expandido	-	G Extr:		2.130	940 <sup>ab</sup>	2,28 <sup>b</sup>	99,7		73,6	
			Extrusión	-	1,25		2.210	1.016 <sup>b</sup>	2,18 <sup>a</sup>	97,9		72,7	
					NS; EEM 61		*; EEM 36	*; EEM 0,037	NS; EEM 1,22	NS; EEM 1,13			
Mathé et al. (2003)	33 a 114 (20)	(16,15-0) (12,11-13) (8,8-26) (4,54-39)	Sin tratar	-	-	2.510 <sup>b</sup>	991	2,67		-			
						2.461 <sup>a</sup>	987	2,66					
						2.636 <sup>d</sup>	1.012	2,69					
						2.563 <sup>c</sup>	1.000	2,69					
						***; -	NS; -	NS; -					
Stein et al. (2004) <sup>5</sup>	22 a 109 (6)	(23-0) (19-12) (15-24) (11-36)	Sin tratar	Fase de crecimiento sin datos parciales		-	2.130	729	0,34	109	-	83,5	
				2.220	752		0,34	111,8	88,5				
				2.230	748		0,34	111,2	87,8				
		(15-0) (11,7-12) (6,6-24) (1,5-36)	Sin tratar	Fase de acabado sin datos parciales		-	2.130	719	0,34	107,8	-	85,3	
				NS; EEM 80	NS; EEM 25		NS; EEM 0,01	NS; EEM 3,41	NS; EEM 1,97				



Tabla 12. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (soja-guisante)%; (H: harina)	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP)				Variables productivas <sup>4</sup>						
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante						
Stein et al. (2006) <sup>5</sup>	22,8 a 51,4 (8)	(24-0) (12-36) (0-66)		GP	1.860	800	0,430	50,9					
					1.850	810	0,440	51,0					
					1.830	810	0,450	51,1					
					NS; EEM 57	NS; EEM 27	NS; EEM 0,008	NS; EEM 1,21					
	51,4 a 85 (8)	(17-0) (5-36) (0-48)		GP	2.870	930	0,330	83,8					
					2.810	960	0,340	85,0					
					2.990	1.000	0,330	86,4					
					NS; EEM 89	NS; EEM 34	NS; EEM 0,008	NS; EEM 1,81					
	85 a 123,6 (8)	(11-0) (0-36) (0-36)		Sin tratar	3.330	890	0,270	123,6					
					3.030	820	0,270	122,0					
					3.450	860	0,250	15,3					
					NS; EEM 164	NS; EEM 42	NS; EEM 0,012	NS; EEM 2,99					
22,8 a 123,6 (8)				2.740	872	0,320				92,5			
				2.600	860	0,330				90,3			
				2.820	890	0,320				93,5			
				NS; EEM 79	NS; EEM 24	NS; EEM 0,009				NS; EEM 2,4			
Njoka (2008)	80,5 a 122 (4)	(14-0) (0-30) (0-30) (0-30)	Sin tratar	-									
				GI									
				GV									
				GP									
				3.440b	1.041	3,31	122						
4.010 <sup>a</sup>	1.161	3,45	126										
3.800ab	1.103	3,45	124										
3.520b	1.004	3,53	119										
P 0,07; EEM 150	NS; EEM 53	NS; EEM 0,08	NS; EEM 3										
Newman et al. (2011) <sup>5</sup>	58 a 94 (6)	(18-0) (12-15) (6-30) (0-45)	Triturado GP	3.277	1.054	0,323							
				2.988	1.106	0,371							
				3.234	1.089	0,342							
				3.162	981	0,314							
	NS; EEM 145	NS; EEM 45	NS; EEM 0,018										
	94 a 128 (6)	(12-0) (8-10) (4-20) (0-30)			2.902	929	0,317						
					3.281	1.050	0,320						
					3.127	1.004	0,333						
3.110					1.024	0,330							
NS; EEM 182	NS; EEM 65	NS; EEM 0,022											

Tabla 12. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (H: harina); (soja-guisante)%	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Albergión (Alb)					Variables productivas <sup>4</sup>									
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %				
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante										
Newman et al. (2011) <sup>5</sup>	58 a 128,5 (6)						3.090	991	0,320	127,04	97,61	76,80 <sup>a</sup>					
							3.135	1.078	0,344	132,18	100,80	76,11 <sup>a</sup>					
							3.181	1.047	0,332	129,69	97,16	74,80 <sup>b</sup>					
							3.136	1.022	0,322	126,74	95,98	75,61 <sup>a</sup>					
						NS; EEM 119	NS; EEM 34	NS; EEM 0,011	NS; EEM 2,41	NS; EEM 1,8	*; EEM 0,47						
Prandini et al. (2011)	40 a 80 (7)	(15,94-0) (0-33,08)	Sin tratar				2.000	586	3,40	120,6							
							2.000	624	3,30	126,1							
							NS; EEM 80	NS; EEM 20,2	NS; EEM 0,08	NS; EEM 3,58							
	80 a 120 (7)	(12,9-0) (0-24,32)	Sin tratar														
	120 a 160 (7)	(8,05-0) (0-20)	Sin tratar														
	40 A 160 (7)		Sin tratar			2.200	583	3,7	152,9	132,6							
						2.200	606	3,7	157,4	138,2							
						NS; EEM 80	NS; EEM 16,5	NS; EEM 0,07	NS; EEM 3,91	NS; EEM 2,5							
de Mercado et al. (2013)	30 a 46 (16)	(15,3-0) (0-42,9) Alb (0-61,8)	Sin tratar; la segunda ración lleva albergión 10%														
													GI: 9,87 Alb: 5,5 Soja 47: 0,61	GI: 10,16 Alb: 5,41 Soja 47: 3,56	127,36 <sup>a</sup>	97,85 <sup>a</sup>	77,58 <sup>a</sup>
															115,39 <sup>b</sup>	88,64 <sup>b</sup>	75,73 <sup>b</sup>
	46 a 76 (16)	(10,9-0) (0-37,8) Alb (0-51,8)							125,59 <sup>a</sup>	97,14 <sup>a</sup>	76,97 <sup>a</sup>	***, EEM 1,6	***; EEM 1,1	***, EEM 0,21			
	76 a 122 (16)	(8,7-0) (0-22,7) Alb (0-37,1)															

Tabla 12. Ensayos de distintos autores realizados con guisantes en la fase de cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (H: harina); (soja-guisante)%	Pienso (P), Soja (S), Guisante (G), Guisante invierno (GI), Guisante primavera (GP), Albergión (Alb)				Variables productivas <sup>4</sup>						
			Guisante	UTI/mg <sup>2</sup>		UQI/mg <sup>3</sup>		CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
				Pienso	Guisante	Pienso	Guisante						
Gómez Fernández et al. (2013)	30 a 46 (16)	(15,3-0) (0-42,9) Alb (0-61,8)					1.607	810 <sup>a</sup>	2,04	NS; EEM 0,073			
							1.443	639 <sup>b</sup>	2,29				
							1.568	690 <sup>b</sup>	2,28				
	46 a 76 (16)	(10,9-0) (0-37,8) Alb (0-51,8)	Sin tratar; la segunda ración lleva albergión 10%	GI: 9,87 Alb: 5,5 Soja 47: 0,61	GI: 10,16 Alb: 5,41 Soja 47: 3,56			2.259	1.001 <sup>a</sup>	2,27	NS; EEM 83	**; EEM 31	NS; EEM 0,057
								2.080	826 <sup>b</sup>	2,52			
2.296								966 <sup>a</sup>	2,37				
76 a 122 (16)	(8,7-0) (0-22,7) Alb (0-37,1)						3.335	1.083 <sup>ab</sup>	3,06 <sup>ab</sup>	NS; EEM 79	**; EEM 34	*; EEM 0,058	
							3.178	1.034 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>				
							3.322	1.133 <sup>b</sup>	2,93 <sup>b</sup>				
30 a 120							2.579 <sup>a</sup>	995 <sup>a</sup>	2,58 <sup>b</sup>	*; EEM 51	***; EEM 16	*; EEM 0,035	
							2.409 <sup>b</sup>	872 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>				
							2.577 <sup>a</sup>	977 <sup>a</sup>	2,63 <sup>b</sup>				

<sup>1</sup> n: número de réplicas por tratamiento. <sup>2</sup> UTI/mg: unidades de tripsina inhibida por mg. <sup>3</sup> UQI/mg: unidades de quimotripsina inhibida por mg. <sup>4</sup> CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; NS: no significativo; EEM: error estándar de la media ; CV: coeficiente de variación. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas. <sup>5</sup> IC según crecimiento/consumo (GMD/CMD; G/F).

#### 4.3. Ensayos ganaderos con alberjones. Lechones y cerdos de cebo

A pesar de ser un cultivo originario del mediterráneo no existen prácticamente ensayos ganaderos con alberjones en la UE. A ello ha contribuido de manera notable la política agraria comunitaria, siendo actualmente una leguminosa olvidada y desconocida para los agricultores y técnicos de la presente generación.

Han sido países como Turquía, Siria, España, o más alejados del nuestro como Australia, quienes a partir de la década de los 90 realizaron trabajos sobre leguminosas del género *Vicia* incluyendo el alberjón, caracterizando su cultivo (Abd el Moneim, 1992; Enneking, 1995b; Enneking y Maxted, 1995; Franco-Jubete y Ramos, 1996; Firincioğlu et al., 2012), su composición nutritiva (Enneking, 1995b; Hadjipanayiotou y Economides, 2001; Brand et al., 2004) y la identificación del GEC, su principal factor antinutritivo (Enneking y Maxted, 1995; Sánchez-Vioque et al., 2011).

La información disponible de su empleo en piensos para animales monogástricos es muy limitada y con más protagonismo en avicultura de carne, concluyendo que niveles de inclusión por encima del 20 a 30% en el pienso no son aconsejables al afectar negativamente a la palatabilidad del pienso (Mateo Box, 1961; Eason et al., 1990; Hadjipanayiotou y Economides, 2001); incluso provocando daños renales y cambios en la bioquímica sanguínea (Wali et al., 2005).

En especies acuícolas como la tilapia (*Oreochromis niloticus*) los datos indican que un porcentaje mayor del 20% en la dieta reduce el crecimiento al deprimir el consumo (Buyukcapar et al., 2010).

Los estudios en ganado porcino y, concretamente en lechones de menos de 20 kg, son inexistentes. Los efectuados concretamente a finales de la década de los 80 (Davies, 1989), describen resultados poco satisfactorios que disuaden de su empleo, al alterar la palatabilidad y provocar rendimientos muy por debajo de dietas control de soja.

Han sido investigadores australianos, posteriormente, quienes han resuelto dudas como la caracterización del GEC y su extracción y posible neutralización con distintos

métodos (Enneking, 1995ab; Enneking et al., 1998). En la Tabla 13 se muestran los ensayos de Enneking (1995b) con cerdos de 25 a 34 kg PV, y todos ellos en un periodo experimental reducido a 4 días. Dietas con un 12,5% de alberjón sin tratar no provocaron una disminución significativa del consumo; cantidades superiores al 25% sí, debido al sabor azufrado del GEC. Es un efecto directamente proporcional a la cantidad de S en la semilla, que se manifestó al trabajar con tres variedades distintas en uno de los ensayos. Los diferentes tratamientos del grano solo fueron efectivos con ácidos, no así con álcalis o autoclave (121 °C > 15'). La semilla germinada disminuyó la actividad del GEC, que se encuentra principalmente en los cotiledones.

Más recientemente Gómez-Fernández et al. (2013) introduciendo un 10% de alberjón con guisante de invierno en el pienso de cerdos grasos, no obtuvieron diferencias significativas en el consumo, aunque sí lo fueron en el crecimiento y en la calidad de la canal (de Mercado et al., 2013) como se ve en la Tabla 13.

Un trabajo de Gómez-Fernández et al. (2015) realizado con lechones durante toda la fase de transición (7 a 22,4 kg), no observó diferencias significativas entre tratamientos al suministrar un pienso único en los animales alimentados con un 5% de alberjón y los pertenecientes al control de soja.

Tabla 13. Ensayos de distintos autores con alberjones en las fases de transición y cebo.

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso	Variables productivas <sup>2</sup>					
			CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
Enneking, (1995b)	26,59 4 días 64 cerdos (8)	Control HnaS (8%)	1.130					
		Control harina de veza (8%)	0.450					
		Canavanina sin extraer (100%)	0.510					
		Canavanina (38%)	0.900					
		Suplemento de Lisina (100%)	1.140					
		Lisina (38%) + Canavanina (38%)	0.950					
		Harina de alberjón (12,5%)	1.100					
		Harina de alberjón (25%)	0.760					
			EEM 60					
	33,44 4 días 32 cerdos (4)	Control guisante (35%)	1.290					
		Control alberjon (35%)	0.840					
		Alberjón tratado con autoclave (121°C, 1h)	0.650					
		Con extracto de alberjón tratado con alcohol al 30%	0.780					
		Con residuo del extracto de la dieta previa	1.240					
		Alberjón tratado con CIH y NH <sub>3</sub>	1.310					
			1.240					
			EEM 160					
	34,05 4 días 20 cerdos (4)	Control guisante (35%)	1.340					
		Control alberjon (35%)	0.920					
		Cubierta de alberjón 10%	1.300					
		Cotiledones de alberjón	0.580					
			Hidrólisis ácida (CIH)	1.350				
			EEM 90					
	25,42 4 días 20 cerdos (4)	Control guisante (35%)	1.150					
		Control alberjon (35%)	0.770					
		Alberjón germinado	0.920					
		Alberjón tratado con CIH y NH <sub>3</sub>	0.940					
			Alberjón tratado con álcalis	1.100				
		EEM 70						

Tabla 13. Ensayos de distintos autores con alberjones en las fases de transición y cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso	Variables productivas <sup>2</sup>					
			CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
Enneking, (1995b)	21,95 4 días 32 cerdos (4)	Control (Pea 35%)	990					
		Alberjón variedad ATC 60105	630					
		Alberjón variedad ATC 60193	770					
		Alberjón variedad ATC 60143	560					
		Con fracción peptídica	850					
		Con fracción no peptídica	960					
		Alberjón tratado con acético y autoclave	870					
		EEM 70						
Gómez Fernández et al. (2013)	30 a 46 (16)	(15,3-0)	1.607	810 <sup>a</sup>	2,04			
		(0-42,9) + 10% alberjón	1.443	639 <sup>b</sup>	2,29			
		(0-61,8)	1.568	690 <sup>b</sup>	2,28			
			NS; EEM 52	*; EEM 32	NS; EEM 0,073			
	46 a 76 (16)	(10,9-0)	2.259	1.001 <sup>a</sup>	2,27			
		(0-37,8) + 10% alberjón	2.080	826 <sup>b</sup>	2,52			
		(0-51,8)	2.296	966 <sup>a</sup>	2,37			
			NS; EEM 83	**; EEM 31	NS; EEM 0,057			
	76 a 122 (16)	(8,7-0)	3.335	1.083 <sup>ab</sup>	3,06 <sup>ab</sup>			
		(0-22,7) + 10% alberjón	3.178	1.034 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>			
		(0-37,1)	3.322	1.133 <sup>b</sup>	2,93 <sup>b</sup>			
			NS; EEM 79	**; EEM 34	*; EEM 0,058			
30 a 120 (16)		2.579 <sup>a</sup>	995 <sup>a</sup>	2,58 <sup>b</sup>				
		2.409 <sup>b</sup>	872 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>				
		2.577 <sup>a</sup>	977 <sup>a</sup>	2,63 <sup>b</sup>				
		*; EEM 51	***; EEM 16	*; EEM 0,035				

Tabla 13. Ensayos de distintos autores con alberjones en las fases de transición y cebo (cont.).

Autor	Fase productiva kg (n) <sup>1</sup>	Pienso (soja-guisante)	Variables productivas <sup>2</sup>					
			CMD g/d	GMD g/d	IC kg/kg	Peso final kg	Peso canal kg	Canal %
de Mercado et al. (2013)	30 a 46 (16)	(15,3-0) (0-42,9) + 10% alberjón (0-61,8)				127,36 <sup>a</sup>	97,85 <sup>a</sup>	77,58 <sup>a</sup>
	46 a 76 (16)	(10,9-0) (0-37,8) + 10% alberjón (0-51,8)				115,39 <sup>b</sup>	88,64 <sup>b</sup>	75,73 <sup>b</sup>
						125,59 <sup>a</sup> ***; EEM 1,60	97,14 <sup>a</sup> ***; EEM 1,11	76,97 <sup>a</sup> ***; EEM 0,21
	76 a 122 (16)	(8,7-0) (0-22,7) + 10% alberjón (0-37,1)						
Gómez-Fernández et al. (2015)	7 a 22,4 (8)	(21,5-0) (19,8-0) + 5% alberjón (12,1-24,7)	635	411 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	21,8 <sup>b</sup>		
			648	418 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	22,1 <sup>b</sup>		
			661	449 <sup>a</sup>	1,47 <sup>b</sup>	23,24 <sup>a</sup>		
			NS; EEM 9	*; EEM 8	*; EEM 0,02	*; EEM 0,32		

<sup>1</sup> n: número de réplicas por tratamiento. <sup>2</sup> CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; NS: no significativo; EEM: error estándar de la media. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.



## 5. OBJETIVOS

El objetivo general de esta Tesis Doctoral ha sido la inclusión en piensos, como fuente de proteína, de tres variedades de guisantes de invierno (*Pisum sativum*) y de un alberjón (*Vicia narbonensis*), previamente caracterizados (nutrientes y factores biológicamente activos), sustituyendo parcial o totalmente a la soja en dietas para lechones (estárter: 40 a 61 días de edad) y cerdos de engorde (61 a 167 días de edad), valorando el rendimiento productivo y la calidad de la canal y piezas nobles, así como el perfil de ácidos grasos, según porcentaje de incorporación y cantidad de factores antinutritivos. Para ello se realizaron cuatro pruebas:

En el ensayo 1 (Capítulo 2), se determinó la influencia sobre el rendimiento productivo de tres guisantes de invierno incluidos en la dieta estárter de lechones, con niveles crecientes de inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina).

En el ensayo 2 (Capítulo 2), se valoró la influencia sobre el rendimiento productivo de alberjones a diferentes porcentajes en la dieta estárter de lechones, calculando la cantidad óptima y su correlación con el  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine, factor antinutritivo de esta leguminosa.

En el ensayo 3 (Capítulo 3) se estudió en cerdos de cebo (22 a 125 kg) el efecto sobre el rendimiento productivo de canal y piezas nobles de la sustitución de la soja del pienso por tres variedades de guisantes de invierno que diferían en los niveles de inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina).

En el ensayo 4 (Capítulo 4), se valoró la inclusión óptima de alberjones en el pienso para cerdos grasos (20 a 125 kg) y su efecto en el rendimiento zootécnico, de canal y piezas nobles, según la cantidad de  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine ingerida.

## 6. REFERENCIAS

- Abd El Moneim, A. M. 1992. Narbon Vetch (*Vicia narbonensis* L.): A potential feed legume crop for dry areas in west Asia. *Journal of Agronomy and Crop Science* 169: 347–353.
- Adamidou, S., Nengas, I., Grigorakis, K., Nikolopoulou, D., Jauncey, K. 2011. Chemical composition and antinutritional factors of field peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and faba beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry Journal* 88: 80-86.
- Albar, J., Chauvel, J., Granier, R. 1992. Utilisation du pois de printemps sous forme sèche ou sous forme humide en engraissement. *Journées de la Recherche Porcine en France* 24: 179-186.
- Arias, M., Ortiz, L. T., de los Mozos, M. 2004. Phenolic compounds and pyrimidine glycoside determination in *Vicia narbonensis* seed. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP nº 110, 2004. Toledo Spain.
- Arias-Royo, M., Tate, M., Enneking, D. 2006. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? *Grain Legumes* 47 – 3rd quarter 2006.
- Batterham, E. S., Saini, H. S., Andersen, L. M., Baigent, R. D. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of Science Food and Agriculture* 61: 211–216.
- Bengala-Freire, J., Hulin, J. C., Peiniau, J., Aumaitre, A. 1989. Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage precoce du porcelet et consequences sur les performances jusqu'à l'abattage. *Journées de la Recherche Porcine en France* 21: 75-82.
- Berger, J. D., Robertson, L. D., Cocks, P. S. 2003, Agricultural potencial of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Antinutritional factor concentration in the genus *Vicia*. *Genetics Resources and Crop Evolution* 50(5): 201-212.

- Birk, Y. 1985. The Bowman-Birk inhibitor. Trypsin and chymotrypsin inhibitor from soybean. *International Journal of Peptide and Proteine Research* 25: 113-131.
- Borlaug, N. E., y Dowsell, C. 2001. La inacabada revolución verde. El futuro rol de la ciencia y la tecnología en la alimentación del mundo en desarrollo. <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html>.
- Brand, T. S., Brandt, D. A., Cruywagen, C. W. 2004. Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. *South African Journal of Animal Science* 34 (2): 116-122.
- Brenes, A., Brenes. J. 1993. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: influencia sobre su valor nutritivo. XI Curso de Especialización FEDNA.
- Brenes, A., Jansman, A. J. M., Marquardt, R. R. 2004. Recent progress on research on the effects of antinutritional factors on legume and oil seeds in monogastric animals. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP nº 110. Toledo Spain.
- Brooks, K. R., Wiegand, B. R., Meteer, A. L., Petersen, G. I., Spencer, J. D., Winter, J. R., Robb, J. A. 2009. Inclusion of yellow field peas and carbohydrase enzyme in nursery pig diets to improve growth performance. *Professional Animal Scientist* 25: 17-25.
- Buyukcapar, H. M., Mezdegi, M. I., Kamalak, A. 2010. Nutritive value of narbon bean (*Vicia narbonensis*) seed as ingredient in practical diet for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Journal of Applied Animal Research* 37: 253-256.
- Camirero, C. 2002. Adaptación a la siembra invernal y tolerancia al frío en guisante (*Pisum sativum* L.), Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Spain. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Ed).
- Carrouée, B., Grosjean, F., Peyronnet, C., Weiss, P. 1994. Guisantes, utilización en alimentación animal. UNIP-ITCF, París. 96 pp.
- Castell, A. G., Guenter, W. 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Animal Feed Science and Technology* 60(3-4): 209-227.

- CESFAC, 2012. Confederación española de fabricantes de alimentos compuestos para animales. Mercados y estadística.
- Champ, M. J. M. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition* 88(3): 307-319.
- Crevieu-Gabriel, I. 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. *INRA, Production Animal* 12(2): 147-161.
- Dary, M., Chamber-Pérez, M. A., Palomares, A. J., Pajuelo, E. 2009. "In situ" phytostabilisation of heavy metal polluted soils using *Lupinus luteus* inoculated with metal resistant plant-growth promoting rhizobacteria. *Journal of Hazardous Materials* 177(1-3): 323-330.
- Davies, R.L. 1989. Advances in grain legume utilization for pig production. URI: <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19551>.
- de Mercado, E., Gómez-Fernández, J., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Evolución del crecimiento, calidad de la canal y de piezas nobles en cerdos grasos alimentados con guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuente proteica. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza. 1: 171-173.
- D'Mello, J. P. F. 1995. Antinutritional substances in legumes seeds. In: *Tropical legumes in animal nutrition*. D'Mello, J. P. F. and Devendra (Eds.). CAB Internacional, U.K. pp: 135-165.
- Eason, J. P., Johnson, R. J., Castleman, G. H. 1990. The effects of dietary inclusion of narbon beans (*Vicia narbonensis*) on the growth of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 41(3): 565-571.
- Enneking, D. 1995a. Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? In: Yusuf, H. K. M. and Lambein, F. Eds. *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism: Progress and Prospects. Dhaka: University of Dhaka, 1995; pp, 85-92.
- Enneking, D. 1995b. The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA). Occasional publication N° 6.

- University of Western Australia. Nedlands W.A. (First edition, Enneking, D. (1994) PhD thesis, University of Adelaide).
- Enneking, D., Delaere, I. M., Tate, M. E. 1998.  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine: a dipeptide from *Vicia narbonensis*. *Phytochemistry* 48(4): 643-645.
- Enneking, D., Maxted, N. 1995. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). *Evolution of crop plants*, 2nd ed.; Smartt, J. ; Simmonds, N. W. Longman: London, pp 316-321.
- Enneking, D., Wink, M. 2000. Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. In: Knight, R. (ed.) *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference. Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol. 34. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London pp. 375- 384.*
- FEDNA, 2010. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G. G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.*
- FEDNA, 2013. *Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, J. Gasa, G. G. Mateos). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.*
- FEFAC, 2014. *Federation europeenne des fabricants d'aliments composés pour animaux.*
- Fırıncioğlu, H. F., Ünal, S., Pank, Z., Beniwal, S. P. S. 2012. Growth and development of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) genotypes in the semi-arid central Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10(2): 430-442.
- Francis, C. M., Enneking, D., Abd El Moneim, A. 1999. When and where will vetches have an impact as grain legumes? In: Knight, R. (ed.) *Linking research and marketing oportunities for pulses in the 21st century. Proceedings of theThird International Food Legume Research Conference, Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol, 34, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London, pp. 671-683.*

- Franco-Jubete, F. 1996. El alberjón. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León (Coord: Franco-Jubete, F., Ramos, A.). Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería.
- Franco-Jubete, F., Ramos, A. 1996. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León. Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería, Spain.
- García, C. A., Barrios, A., Martín, A., Rodríguez, M.J., Caminero, C. 2006. La posible recuperación de algunas leguminosas (*Vicia narbonensis* L. y *Lathyrus cicera* L.) para su cultivo en los secanos de Castilla y León. In: De los Mozos Pascual, M., Giménez Alvear, M. J., Rodríguez-Conde, M. F., Sánchez Vioque, R. (Eds.), Nuevos retos y oportunidades de las leguminosas en el sector agroalimentario español. Segundas jornadas de la asociación española de leguminosa. Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo, Spain. Pp. 73–80 (Eng. Abstr.).
- Gatel, F., Grosjean, F., Castaing, J., 1989. Utilisation par le porc charcutier de régimes à teneur élevée en pois de printemps (plus de 40%). Journées de la Recherche Porcine en France 21: 69-74.
- Gómez-Limón, J. A. (Coord.). 2007. El futuro de la agricultura en Castilla y León. Edita Itagra. Ct. ISBN-10: 84-931891-3-8.
- Gómez-Fernández, J., de Mercado, E., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Empleo de guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuentes proteicas en dietas para cerdos grasos. Rendimiento productivo. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza 1: 135-137.
- Gómez-Fernández, J., de Mercado, E., Tomás, C., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Martín, M., López-Nuez, P., Gómez Izquierdo, E. 2015. Empleo de alberjón (*Vicia narbonensis*) y guisante (*Pisum sativum*) como fuentes proteicas en dietas para lechones en transición. Rendimiento productivo. XVI Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza 1: 303-305. .
- González-García, M, R., 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

- Goyoaga, C. 2005. Estudio de factores no nutritivos en "*Vicia faba* L.": influencia de la germinación sobre su valor nutritivo. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Griffiths, D. W. 1984. The trypsin and chymotrypsin inhibitor activities of various pea (*Pisum* spp.) and field bean (*Vicia faba*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 481–486.
- Grosjean, F., Bastianelli, D., Bourdillon, A., Cerneau, P., Jondreville, C., Peyronnet, C. 1998. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.) -2. Nutritional value in the pig. *Animal Science* 67: 621 – 625.
- Grosjean, F., Bourdon, D., Theillaud-Ricca, V., Castaing, J., Beague, E. 1989. Comparaison des pois d'hiver et de printemps dans des aliments pour porcs charcutiers présentés en farine ou en granulés. *Journées de la Recherche Porcine en France* 21: 75-82.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Bogaert, C., Bourdillon, A., Peyronnet, C., le Guen, M. P., Williatte, I. 1997. Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40 % de pois. *Journées de la Recherche Porcine en France* 29: 197-204.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B., Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 643-652.
- Grosjean, F., Williatte-Hazouard, I., Jondreville, C., Skiba, F., Peyronnet, C. 1998. Variabilité de la valeur alimentaire du pois pour les porcs, en liaison avec le milieu de production et les techniques culturales. *Journées de la Recherche Porcine en France* 30: 231-237.
- Gulewicz, P., Martinez-Villaluenga, C., Kasprowicz-Potocka, M., Frias, J. 2014. Non-nutritive compounds in fabaceae family seeds and the improvement of their nutritional quality by traditional processing. review. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences* Vol. 64: N° 2. pp. 0–0.
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S. 2001. Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Livestock Research for Rural Development* 13(6): 56.

- Hendriks, W. H., Moughan, P.J., Boer, H., van der Poel, A. F. B. 1994. Effects of extrusion on the dye-binding, fluorodinitrobenzene-reactive and total lysine content of soyabean meal and peas. *Animal Feed Science and Technology* 48(1–2): 99–109.
- Huisman, J., Tolman, G. H. 1992. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for nonruminants. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P. C., H. Haresing and D. J. A. Cole (Eds.). Butterworth Heinemann, U.K. pp 3-31.
- Kökten, K., Koçak, A., Bağci, E., Akçura, M., Çelik, S. 2010. Tannin, protein contents and fatty acid compositions of the seeds of several *Vicia* L, species from Turkey. *Grasas y Aceites*. 61(4): 404-408, doi: 10.3989/gya.021310.
- Laguna, R., Ramos, A., González, R., Caminero, C., Martín, J. A. 1997. El cultivo del guisante proteaginoso. *Agricultura, Revista Agropecuaria* 1997: 135-142.
- Leterme, P., Beckers, Y., Thewis, A. 1990. Trypsin inhibitors in peas: Varietal effect and influence on digestibility of crude protein by growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 29(1–2): 45–55.
- Liener, I. E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. Proceedings of the First International Workshop on Antinutritional Factors (ANF) in Legume Seeds. Wageningen. The Netherlands, 23-25.
- MAGRAMA, 2013. Estadísticas Agrarias, 2012.
- Malthus, T. R. 1798. *Ensayo sobre el principio de la población*. Traducción de J. M., Noguera y J. Miquel, Madrid, 1846 (fondos Unv. Complutense de Madrid).
- Marlier, L., Focant, M., Allart, B., Vanbelle, M. 1989. Effects du floconage et de l'extrusion sur le valeur alimentaire du pois protéagineux, pour le porc charcutiere. *Annales de Zootechnie* 38: 237-245.
- Mateo Box, J. M. 1961. *Leguminosas de grano*. Barcelona, Ed. Salvat.



- Mateos, G. G., Valencia, D. G., Serrano, M. P., Lázaro, R. 2008. Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Valladolid.
- Mathé, D., Monéger, R., Guillou, D., 2003. Effet du pois protéagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. Journées de la Recherche Porcine en France 35: 127-132.
- McLaughlin, C. L., Peikin, S. R., Baile, C. A. 1983. Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in zucker rats. *Physiology and Behavior* 4: 487-91
- Messina, M. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *American Society for Clinical Nutrition*. 70: 439S-450S.
- Mosenthin, R., Jezierny, D. 2010. Nutritional significance of secondary plant metabolites in pigs and poultry. 19 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals Murska Sobota (Slovenia). 11-12 Nov 2010.- 978-961-90951-6-4.- p. 227-236.
- Muel, F., Carrouée, B., Grosjean, F. 1998. Trypsin inhibitor activity of pea cultivars: new data and a proposal strategy for breeding programme. 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legume. Valladolid. Workshop 2. 164-164.
- Muzquiz, M. 2012. Componentes nutricionalmente activos en leguminosas: implicaciones en nutrición y salud. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Pontevedra, 6 y 7 de junio, 2012.
- Muzquiz, M., Hill, G. D., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Burbano, C. 2004. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP publication. Wageningen, The Netherlands.
- Newman, D. J., Harris, E. K., Lepper, A. N., Berg, E. P., Stein, H. H. 2011. Effects of pea chips on pig performance, carcass quality and composition, and palatability of pork. *Journal of Animal Science* 89: 3132-3139.
- Njoka, J. G. 2008. Effects of feeding Iowa-grown field peas on finishing pig performance. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11367.

- O'Doherty, J. V., Keady, U. 2001. The effect of expander processing and extrusion on the nutritive value of peas for pigs. *Animal Science* 72: 43-53.
- Pisulewska, E., Pisulewski, P. M. 2000. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. *Animal Feed Science and Technology* 86: 261-265.
- Prandini, A., Sigolo, S., Morlacchini, M., Cerioli, C., Masoero, F. 2011. Pea (*Pisum sativum*) and faba bean (*Vicia sativa* L) seeds as protein sources in growing-finishing heavy pig diets: effect on growth performance, carcass characteristics and on fresh and seasoned Parma ham quality. *Italian Journal of Animal Science* 10: e45.
- Price, K. R., Griffiths, N. M., Curl, C. L., Fenwick, G. R. 1985. Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponin. *Food Chemistry* 17: 105-115.
- Ramos, A., 1996. El guisante. En: Franco-Jubete, F., Ramos, A., 1996. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León. Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería.
- Ramos, A. 2002. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación: Una garantía para la seguridad alimentaria mundial. *Diario El País*.
- Reglamento (CE) nº 73/2009 del Consejo, de 19 de enero de 2009, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa a los agricultores en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.
- Rokey, G. 1995. Tecnología de la extrusión e implicaciones nutricionales. XI Curso de Especialización FEDNA, Barcelona.
- Rubio, L. A., Brenes, A. 1995. Utilización de leguminosas-grano en nutrición animal. Problemas y perspectivas. XI Curso de Especialización FEDNA.
- Sánchez-Vioque, R., Girón-Calle, J., Rodríguez-Conde, M. F., Vioque, J., De los Mozos Pascual, M., Santana-Méridas, O., Izquierdo-Melero, M. E., Alaiz, M. 2011. Determination

- of  $\gamma$ -glutamyl-S-ethenyl-cysteine in narbon vetch (*Vicia narbonensis* L) seeds by high performance liquid chromatography. *Animal Feed Science and Technology* 165: 125–130.
- Savon, L., Scull, I. 2006. Avances en los métodos para disminuir el efecto de factores antinutricionales en alimentos para especies monogástricos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 13(1): 25-29.
- Siddique, K. H. M., Loss, S. P., Enneking, D. 1996. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): A promising grain legume for low rainfall areas of south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36: 53-62.
- Stein, H. H., Benzoni, G., Bohlke, R. A., Peters, D. N., 2004. Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. *Journal of Animal Science* 82(9): 2568-2578.
- Stein, H. H., Everts, A. K. R., Sweeter, K. K., Peters, D. N., Maddock, R. J., Wulf, D. M., Pedersen, C. 2006. The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science* 84(11): 3110-3117.
- Stein, H., Peters, D. N. 2008. Effects of including field peas in diets fed to weanling pigs. *Journal of Animal Science* 86: E-Suppl, 2.
- Tate, M., Enneking, D. 2006. Vetches: from feed to food, common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*): feed or future food? *Grain Legumes* N° 47 – 3rd quarter 2006.
- Thompson, L., 1993. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *Food Research International* 26: 131-149.
- USDA, 2014. United States Department of Agriculture. *World Agricultural Supply and Demand Estimates 2012-2013*.
- Valencia, D. G., Serrano, M. P., Centeno, C., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2008. Pea protein as a substitute of soya bean protein in diets for young pigs. Effects on productivity and digestive traits. *Livestock Science* 118: 1-10.

- Van Amerongen, A., Ostafe, V., Meijer, M. M. T., Gruppen, H., Meerdink, G., Bedrendsen, L. B. J. M., Koets, M., Wichers, J. H. 1998. Specific-immuno-(chymo) tripsin-inhibitor-assays for determination of (residual) activity of Browman-Birk or Kunitz soybean tripsin inhibitors. En: Jansmann A. J. M., Hill, G. D., Huisman, J., Van der Poel, A. F. B. (eds). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed. EAAP publication nº 93 Wageningen, The Netherlands. Pp. 33-37.
- Van de Wouw, M., Enneking, D., Robertson, L. D., Maxted, N. 2001. Vetches (*Vicia* L.). Chapter 9 in: Maxted, N. and Bennett, S. J. Eds. Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean. Dordrecht: Kluwer; 2001; pp. 132-157.
- Vidal-Valverde, C., Frías, J., Hernández, A., Martín-Álvarez., P. J., Sierra, I., Rodríguez, C., Blázquez, I., Vicente, G. 2003. Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 298–306.
- Vidal-Valverde, C., Pascual, M., Díaz, D., Vicente, G. 1998. Changes of antinutritional factors during germination of peas. In: 3<sup>rd</sup>, European Conference in Grain Legumes, Valladolid. p 388.
- Wali, S. A., Hobi, A. A., Nouri, A. 2005. Some physiological and histological changes in the broilers fed gagon seeds (Narbon vetch). Journal of Biological Sciences 5(2): 111-113.

## **CAPÍTULO 2**

### **TOLERANCE TO VARIOUS ANTI-NUTRITIONAL FACTORS IN YOUNG PIGS FED PEAS (*Pisum sativum*) AND NARBON VETCH (*Vicia narbonensis*) IN THE STARTER PHASE**

Enviado a la revista Spanish Journal of Agricultural Research



## 1. ABSTRACT

Two trials were conducted to evaluate the effect of isonutritious diets with different levels of anti-nutritional factors: trypsin (TIU) and chymotrypsin (CIU) inhibitors units of peas and  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC) of narbon vetch (NV), in productive performance of pigs from 40 to 61 days of age. In each test were used 192 barrows, Commercial Hybrid x (Large White x Landrace), with  $11.23 \pm 1.12$  kg and  $11.55 \pm 0.84$  kg body weight respectively, and the same experimental design in both trials: four treatments and eight replicates with six piglets in each. In trial 1 treatments were: F-CON: soybean meal 47 and soybean extruded (SBE) (0.97 TIU - 1.94 CIU/mg feed), F-CAR: SBE and pea Cartouche (1.62 TIU - 3.16 CIU/mg feed), F-ICE: SBE and pea Iceberg (3.09 TIU - 4.95 CIU/mg feed), F-LUN: SBE and pea Luna (3.19 TIU - 5.56 CIU/mg feed). The piglets of F-CAR treatment grew faster than F-CON, F-ICE and F-LUN ( $P < 0.0001$ ), with the same average daily feed intake (ADFI) and feed conversion (FCR). No significant differences between F-CON, F-ICE and F-LUN were observed. In trial 2 the feedstuff had different levels of NV: 0%, 5%, 15% and 25%, and GEC (1.54% of the grain). The piglets that consumed the feed 5% had higher ADFI and growth (ADG) ( $P < 0.0001$ ), with the same FCR that piglets fed with 0%. The performance worsened significantly with increasing 15% NV. We conclude that piglets in starter period maintain or improve the performance with intake of proteases inhibitors in feedstuff that exceed 3.28 (TIU) and 2.86 (CIU) times those of a control diet, and that the inclusion of 5% of NV in feed increases ADFI and ADG.

Additional keywords: grain legume; biologically active factors; piglet feeding.

## 2. INTRODUCTION

The anti-nutritional factors (ANF) of legumes are the main limiting factor for inclusion in high percentages in feedstuff of pigs. The peas (*Pisum sativum*) with a nutrient profile of great interest, especially for the protein (CP) content, have tannins, saponins, glycosides, oligosaccharides, lectins, phytates, amylase inhibitors, and protease inhibitors (Doublecz, 2011; Muzquiz, 2012). Of them all, the protease inhibitors (PI) are the most problematic and can affect the nutritional value of feed, in fact have been associated with worsening of the activity of proteolytic enzymes, causing a reduced digestibility of proteins (Price et al., 1985; Gatel, 1994; Guillamón et al., 2012). The result is a decreased yield, more pronounced in young animals (Bengala-Freire et al., 1989; Mateos et al., 2008).

The PI can be trypsin inhibitors (TI) and chymotrypsin inhibitors (CI). The range of TI content in peas is wide: 0.8-17.7 units/mg dry matter (DM), mainly depending on variety and crops techniques (Grosjean et al., 2000; Vidal-Valverde et al., 2003). Generally, in peas the proportion and inhibition capacity of CI are greater than of TI, although the latter are usually used as PI marker activity (Griffiths, 1984; Champ, 2002). Some thermal treatments, such as extrusion (wet extrusion), can inactivate PI and to increase the protein bioavailability (Adamidou et al., 2011), but they are expensive and can affect negatively the lysine digestibility due to the high temperature used (Creveieu-Gabriel, 1999; Gilani et al., 2005).

Unlike peas, narbon vetch (*Vicia narbonensis*) (NV) are the forgotten, largely by the lack of institutional support. Originating in the Mediterranean basin are highly resistant to unfavorable conditions of climate and soil, as well as the most common diseases and pests of legumes (Van de Wouw et al., 2001, Arias et al., 2004). These features, along with a performance that can exceed 4000 kg/ha, and high capacity for genetic improvement, makes them a crop of great interest (Franco-Jubete and Ramos, 1996, García et al., 2006). However, their nutritional composition with high CP and amino acids (AA) sulfur does not correspond to the practical possibilities, due to the presence of the dipeptide  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC), the main ANF of this legume, which is heat resistant and sensitive



to acidic or basic solutions (Enneking 1995a; Enneking et al., 1998; Arias et al., 2004). The limited information available suggests that, depending on the variety of NV, the GEC varies from 0.4 to 3.77% of the seed (Castleman, 2000) and causes a significant decrease in feed intake to transmit a sulfur taste worsening the palatability of the diet (Davies, 1989; Enneking, 1995b).

To study the effect of both grain legumes ANF in piglet diets during the starter period (40 to 61 days of age) two experiments were carried. In trial 1 was evaluated the performance of piglets with different levels of PI (TI, CI) in four diets: control diet with soybean meal (SBM) and soybean extruded (SBE), and three diets with different varieties of winter peas (pea Cartouche: CAR; pea Iceberg: ICE; pea Luna: LUN, that did not completely replace soybean and increased levels of PI. In trial 2 was tested the effect in performance of increasing dietary levels of NV: control diet 0% vs 5%, 15% and 25% of NV.

### 3. MATERIALS AND METHODS

All the experimental procedures used in the trials were in compliance with the Spanish guideline for the care and use of animals in research (BOE 2013).

#### 3.1. Experimental animals

A total of 384 Duroc hybrid x (Landrace x Large White) barrows (castrated at  $5 \pm 3$  days of age), 192 in each trial, were moved from a commercial farm (COPISO, San Pedro Manrique, Soria, Spain) to the experimental facilities (Centro de Pruebas de Porcino, ITACyL, Hontalbilla, Segovia, Spain). At the start of testing with  $40 \pm 3$  days of age, animals were ear-tagged and allocated in four controlled environment rooms with eight pens (100% slotted floor;  $0.68 \text{ m}^2/\text{pig}$ ) and six pigs each one taking into account the initial body weight (BW) of test 1:  $11.23 \pm 1.12 \text{ kg}$ ; BW1 Test 2:  $11.55 \pm 0.84 \text{ kg}$ ). The temperature was decreased from

$27 \pm 2$  °C to  $22.5 \pm 2$  °C ( $1.5$  °C/week) according to the piglet needs. Were housed in pens with individual feeders (six spaces), and a nipple drinker.

The trial 1 lasted 21 days and involved four experimental treatments with three winter peas varieties included in the starter diet (CAR: F-CAR; ICE: F-ICE; LUN: F-LUN) and a control diet (F-CON) which contained SBM and SBE as main protein sources. The level of inclusion of peas took into consideration the PI content of each pea variety, so that the amount of PI were two to three times higher than the control diet.

In the case of trial 2, there was not too much information for inclusion of NV in young pigs, although Enneking (1995b) indicated that over 20% of NV was already excessive for pigs above 20 kg. The diets included 0% (control diet), 5%, 15% and 25% NV.

### 3.2. Experimental diets

In both experiments, all diets were formulated trying to be isonutritious and met or exceeded the levels recommended by FEDNA (2013) for piglets of this BW. The analyzed chemical composition of peas and NV used in the feeds are shown in Table 1. The ingredients and nutrient content of diets are presented in Tables 2 and 3 for trials 1 and 2, respectively.

The level of inclusion of each winter pea variety in the feedstuff was established according the trypsin inhibitor activity per unit of crude protein ( $TIAP = 100/CP\%*TIU$ ) (Table 1), which establish prediction equations of Grosjean et al. (2000). This way, it determined the standardised ileal digestibility in pigs of CP ( $-0.1975*TIAP + 84.72$ ), Lysine ( $-0.1617*TIAP + 87.84$ ), Methionine ( $-0.2630*TIAP + 86.46$ ), Cystine ( $-0.2029*TIAP + 78.55$ ), Threonine ( $-0.2171*TIAP + 82.61$ ) and Tryptophane ( $-0.3536*TIAP + 80.44$ ), to facilitate the feed formulation. Even so, the levels of TI and CI were much higher in diets containing peas, especially in those which included peas ICE and LUN. Pigs had free access to pelleted feed (2.5 mm) and water throughout the experiment.

**Table 1.** Analysed composition (%) of soybean derivatives, peas and narbon vetch.

<i>Nutrients</i>	SBM <sup>1</sup>	SBE <sup>2</sup>	Pea Cartouche	Pea Iceberg	Pea Luna	NV <sup>3</sup>
Dry matter	88.00	89.90	89.95	90.45	90.01	88.40
Crude protein	47.00	36.80	21.10	23.20	23.30	26.48
Lysine	2.88	2.25	1.48	1.62	1.63	1.77
Methionine + Cystine	1.38	1.07	0.51	0.56	0.56	0.74
Threonine	1.85	1.46	0.80	0.88	0.89	0.97
Tryptophane	0.63	0.49	0.19	0.21	0.21	0.22
Isoleucine	2.13	1.67	0.97	0.89	0.99	1.06
Leucine			1.55	1.44	1.50	1.66
Valine	2.27	1.77	1.20	0.96	1.19	1.12
Crude fibre	4.10	6.10	5.20	5.70	6.36	8.20
Ether extract	1.90	19.20	1.48	1.15	1.15	1.55
Ash	6.20	4.80	2.47	2.74	2.48	3.49
Starch	0.50		43.36	40.88	43.56	32.25
Amylos <sup>4</sup>			35.17	34.46	36.36	25.6
Amylopectine <sup>4</sup>			64.83	65.54	63.64	74.4
<i>Anti-nutritional factors</i>						
TIU <sup>5</sup>	0.61	2.36	9.87	5.75	12.55	
CIU <sup>6</sup>	3.56	4.65	10.16	8.62	15.75	
TIAP <sup>7</sup> (TIU mg/CP%)			46.78	24.78	53.86	
GEC <sup>8</sup>						1.52
Inositol phosphates mg/g	15.54	10.22	6.43	6.43	4.46	5.84
Phenolics compounds mg/g	13.59	10.57	2.02	4.19	2.85	3.83
Glycosides (Vicine) mg/g						0.31
L-DOPA <sup>9</sup> mg/mL						nd
α-galactosides <sup>10</sup> mg/g	57.53	47.23	59.29	59.55	71.99	48.51
Lectins (HU) <sup>11</sup>	0.16	0.08	0.24	0.32	0.63	nd

<sup>1</sup> Soybean meal (nutrients by FEDNA, 2010). <sup>2</sup> Soybean extruded (nutrients by FEDNA, 2010). <sup>3</sup> Narbon Vetch. <sup>4</sup> Starch percentage. <sup>5</sup> Trypsin Inhibition Units/mg feed. <sup>6</sup> Chymotrypsin Inhibition Units/mg feed. <sup>7</sup> Tripsin inhibitor activity per unit of crude proteine (100/CP% \* TIU). <sup>8</sup> γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine. <sup>9</sup> L-3, 4-dihydroxyphenylalanine (nd: not detected). <sup>10</sup> Raffinose, stachyose, ciceritol, verbascose. <sup>11</sup> hemagglutinating unit (nd: not detected).

The chemical composition (DM, total ash, CP, ether extract, crude fiber and starch) of the peas, NV and diets was determined according to the procedures described by the Diario Oficial Unión Europea (2009) and different authors in the case of ANF, at the laboratory of I+D Agroalimentario of ITACYL (Finca Zamadueñas, Valladolid, Spain) and the Sección de Tecnología Vegetal of the Departamento de Tecnología de los Alimentos (INIA, Madrid, Spain).

The TI activity of pea varieties was assayed according to Kakade et al. (1974), modified by Grant et al. (1995) and Muzquiz et al. (2004), using  $\alpha$ -N-benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide as substrate. For it, an ultraviolet spectrophotometer (model DU-7, Beckmann Instruments Inc., Fullerton, CA), with an absorbance read at 410 nm against a blank reagent was used. The CI activity of peas was determined by the procedure of Sathe and Salunkhe (1981) using N-Benzoyl-L-tyrosine ethyl ester as substrate. The GEC content of NV was assessed following the procedure of Arias et al. (2004) and Sánchez-Vioque et al. (2011) by high performance liquid chromatography (HPLC). Recording and processing of data were carried out with a software 32 Karat 7.0 version (Beckman-Coulter, Brea, CA, USA). Extracts (20  $\mu$ L) were directly injected in a Discovery BIO Wide Pore C18 (25 cm  $\times$  4.6 mm, 5  $\mu$ m) column (Supelco, Bellefonte, PA, USA).

The concentration of other ANF such as vicine, total inositol phosphates and L-DOPA (L-3, 4-hydroxyphenylalanine) was determined using the method of Burbano et al. (1995) with high resolution liquid chromatography reverse phase (Beckman System Gold, USA). Phenolics compounds were quantified by ORAC method (Dávalos et al., 2004). Lectins were estimated by hemagglutinating activity and valued with phosphate buffer saline extracts by a serial dilution procedure using native and trypsin treated rat blood cells. The amount of material (mg) causing 50% agglutinated erythrocytes was defined as that which contained 1 hemagglutinating unit (HU).

**Table 2.** Ingredient and nutrient content of experimental diets used in Trial 1 (% , as-fed basis unless otherwise indicated).

<i>Ingredients</i>	Diets			
	F-CON	F-CAR	F-ICE	F-LUN
Pea Cartouche		30.9		
Pea Iceberg			54.1	
Pea Luna				22.9
Barley	43.5	21	13	27.3
Wheat	25	20	20	20
Soybean meal 47	16.2			
Extruded soybean	5	17.8	3	19.5
Protein concentrate and premix <sup>1</sup>	5	5	5	5
Animal fat	2.4	2	2.2	2
Dicalcium phosphate	1.65	1.57	1.58	1.60
Calcium carbonate	0.45	1.06	0.59	1.03
Sodium chloride	0.20	0.20	0.20	0.20
L-Lysine 50%	0.49	0.26	0.12	0.31
DL-Methionine	0.05	0.10	0.16	0.10
L-Threonine	0.05	0.05	0.06	0.05
<i>Estimated nutrients</i>				
Net energy (MJ/kg)	10.11	10.19	10.06	10.24
Crude fibre	4.57	4.32	4.5	4.57
Lysine	1.31	1.31	1.31	1.31
Methionine	0.40	0.41	0.43	0.4
Methionine + Cystine	0.74	0.75	0.75	0.74
Threonine	0.80	0.80	0.81	0.80
Tryptophan	0.24	0.24	0.21	0.24
<i>Analysed nutrients</i>				
Dry matter	90.5	90.0	90.5	90.2
Crude protein (CP)	19.1	19.1	18.9	19.1
Ether extract	5.3	6.2	4.9	6.8
Starch	40.35	38.65	43.85	38.51
Total ashes	6.28	6.12	6.00	6.07
TI <sup>2</sup>	0.97	1.62	3.09	3.19
CI <sup>3</sup>	1.94	3.16	4.95	5.56

<sup>1</sup> Containing (per kg of product): 310 g soybean protein concentrate 62% CP, 300 g corn gluten 60% CP, 130 g corn and wheat protein, 80 g vitamins and minerals, 50 g soybean meal 47% CP; 50 g hydrolyzed swine protein, 40 g potato protein, 5 g soybean oil and 35 g amino acids. The vitamin and mineral composition was (per kg of diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D<sub>3</sub>, 20 mg vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol), 125 mg Cu (copper sulphate) and 80 mg Zn (zinc oxide).

<sup>2</sup> Trypsin Inhibitors (units/mg of feed). <sup>3</sup> Chymotrypsin Inhibitors (units/mg of feed).

**Table 3.** Ingredient and nutrient content of experimental diets used in Trial 2 (% , as-fed basis unless otherwise indicated).

<i>Ingredients</i>	Diets (level of narbon vetch)			
	0%	5%	15%	25%
Narbon vetch	-	5	15	25
Barley	45.91	42.98	35.94	28.21
Wheat	25	25	25	25
Soybean meal 47% CP	12.50	10.70	8.20	6.20
Soybean extruded	5	5	5	5
Proteine concentrate and premix <sup>1</sup>	5	5	5	5
Animal fat	3.2	3.1	3.1	3.2
Dicalcium phosphate	1.63	1.60	1.52	1.44
L-Lysine 50%	0.67	0.55	0.24	
Calcium carbonate	0.62	0.64	0.68	0.72
Sodium chloride	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-Methionine	0.10	0.09	0.06	0.03
L-Threonine	0.16	0.13	0.05	
<i>Estimated nutrients</i>				
Net energy (MJ/kg)	10.26	10.25	10.25	10.26
Crude fibre	3.73	4.10	4.82	5.54
Lysine	1.25	1.24	1.24	1.29
Methionine	0.40	0.40	0.39	0.38
Methionine + Cystine	0.72	0.72	0.72	0.73
Threonine	0.80	0.81	0.81	0.85
Tryptophan	0.23	0.23	0.22	0.23
<i>Analysed nutrients</i>				
Dry matter	90.0	89.8	89.7	89.7
Crude protein (CP)	17.9	18.1	18.0	18.32
Ether extract	5.3	5.2	5.5	5.2
Starch	38.9	39	39.1	40.2
Total ashes	6.5	5.5	5.4	5.8

<sup>1</sup> Containing (per kg of product): 310 g soybean protein concentrate 62% CP, 300 g corn gluten 60% CP, 130 g corn and wheat protein, 80 g vitamins and minerals, 50 g soybean meal 47% CP; 50 g hydrolyzed swine protein, 40 g potato protein, 5 g soybean oil and 35 g amino acids. The vitamin and mineral composition was (per kg of diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D<sub>3</sub>, 20 mg vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol), 125 mg Cu (copper sulphate) and 80 mg Zn (zinc oxide).

The concentrations of amino acids in legumes and feeds were determined by ion exchange chromatography (Hewlett-Packard 1100, Waldbronn, Germany) after acid hydrolysis, following the procedure described by Jones et al. (1981). For analyses of methionine and cysteine concentration, separate samples were oxidized with performic acid

before hydrolysis and measured as methionine sulfone and cystic acid, respectively (Moore, 1963). Tryptophan content was determined after an alkaline hydrolysis for 20 h at 110°C.

### 3.3. Controls of growth performance traits

In both trials, individual BW and feed consumption per pen were recorded at the beginning and at the end of the experimental periods using a bascule model S-4C (Sipesa, Girona, Spain). Those data were used to calculate the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR) for each replicate. There were no health problems during the tests.

### 3.4. Statistical analysis.

Data were analysed as a randomized block design using the SAS (2004) statistical package. The model was:  $Y_{ij} = \mu + \text{diet}_i + \alpha\text{BW1} + \varepsilon_{ik}$ , where Y: dependent variables (ADG, ADFI, FCR, final BW, average daily intake of TI and CI),  $\mu$ : population mean, diet: dietary level of PI (trial 1) or NV (trial 2),  $\alpha$ : partial regression coefficient between initial BW and dependent variables, BW1: initial BW (used as covariate) and  $\varepsilon$ : residual error.

For trial 1, the GLM procedure was used and the t-test was utilized to compare means when the F value was significant. Also, multiple regression equations were carried out to estimate the relationships between ADG, ADFI and FCR (dependent variables) and the average daily intake of TI and CI from diets (independent variables).

For trial 2, orthogonal contrasts were carried out and the t-test was utilized to compare means when the F value was significant. In addition, polynomial regression equations were carried out to estimate the relationships between the dependent variables (ADG, ADFI and FCR) and the independent variables (dietary NV inclusion and the estimated average daily intake of GEC from NV).

In both experiments, each treatment was replicated eight times, being the pen with six

pigs considered as the replicate. Alpha level for determination of significance was 0.05, and alpha values between 0.05 and 0.10 were considered as a trend. Results are shown in tables as least square means.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The peas used were winter varieties and had higher CP content than that reported by FEDNA (2010) for spring peas (20.6%). Caminero (2002) also found better crop (higher production per hectare) of these pea varieties when were cultivated during winter than during spring. The general amino acid profile was similar for the three pea varieties except for some specific amino acids: CAR had the lowest lysine level and ICE had the lowest valine content. In addition, CAR had the highest proportion of ether extract and the lowest of crude fiber.

The ANF of peas that are in sufficient amount to cause problems are the PI (Table 1). The PI (TI, CI) prevent high inclusions of peas in feedstuff, to decrease protein digestibility (Gatel, 1994, Le Gall et al., 2007). According TI, ICE is considered of low activity, CAR of medium activity and LUN of high activity (Carrouée et al. 1994). There are numerous studies that relate the PI activity exclusively with TI, and therefore there is insufficient data on the relationship of CI with TI, although the amount of CI is higher in the three peas employees, like their inhibitory capacity (Grosjean et al, 2000; Champ, 2002). The results in Table 2 show the analysis of TI and CI in feed. They increased relative to F-CON, tripling virtually the values of both inhibitors (TIU, CIU) in F-LUN.

The CP content (26.5%) of NV used in trial 2 was similar to that found by Wali et al. (2005) (25.8%), but slightly higher than that reported by other authors (Brand et al., 2004; Kökten et al., 2010), probably due to the different variety. The lysine content (1.77%) was intermediate among results observed in the literature which can reach until 2% (Hadjipanayiotou and Economides, 2001). The lysine, methionine and threonine contents in NV make it interesting in diets for piglets taking into account the nutrient requirements of FEDNA (2013). The CP, lysine and methionine + cystine proportions in NV were higher than



those detected in peas. The methionine + cystine content has to be especially mentioned. The seed of NV has higher sulfur content (0.28-0.37%) than other legumes usually included in feedstuffs such as peas (0.18%) (FEDNA, 2010), and it is due, at least in part, to its GEC content which have 11.6% of sulfur (Enneking, 1995b). The sulfur provides unpleasant flavors and odors to the feed impairing palatability and decreasing feed intake (Arias-Royo et al., 2006; Tate and Enneking, 2006). For the trial 2 (Table 3), three varieties of NV were previously analyzed (ZV-220, ZV-274 and IC-2470) and that with the lowest GEC content was finally used (1.52% vs 1.61% vs 1.65%, respectively, data not shown). The ether extract content of NV was similar to that detected in CAR, but the starch content was higher in all pea varieties than in NV.

#### 4.1. Trial 1. Diets with winter peas and different levels of PI

Trials with peas in diets for piglets are numerous and differ in their results either by the age of the animals, the levels of PI (analyzed or not), by using previously treated peas or due to low inclusion in diets. Table 4 shows the influence of different PI levels in starter diets on performance of piglets.

There was no difference in feed intake between treatments as feed conversion ( $P > 0.05$ ). However, piglets that ate the feed F-CAR had higher growth, possibly due to a better assimilation of the feedstuff. The piglets that ate feed F-CON, F-ICE and F-LUN showed no difference in ADG.

The levels of PI (TIU, CIU) F-LUN tolerated, consistent with those described by Batterham et al. (1993): 4.7 TIU, 4.5 CIU, to compare a diet without pea, with chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*) versus a control soy, but pigs from 20 to 50 kg live weight, without finding productive differences ( $P > 0.05$ ).

**Table 4.** Trial 1. Effect of different levels of protease inhibitors in piglets performance.

Variable	F-CON	F-CAR	F-ICE	F-LUN	SEM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
Initial body weight (kg)	11.35	11.34	11.11	11.10	Covariate	
Final body weight (kg)	21.92 <sup>b</sup>	23.76 <sup>a</sup>	21.47 <sup>b</sup>	21.51 <sup>b</sup>	0.33	0.001
Average daily gain (g/day)	509 <sup>b</sup>	590 <sup>a</sup>	487 <sup>b</sup>	490 <sup>b</sup>	10	0.001
Average daily feed intake (g/day)	852	897	829	834	40	0.580
Feed conversion ratio	1.69	1.51	1.70	1.69	0.06	0.100
Average intake of TI <sup>3</sup> (10 <sup>6</sup> units/day)	0.79 <sup>c</sup>	1.43 <sup>b</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.67 <sup>a</sup>	0.09	0.001
Average intake of CI <sup>4</sup> (10 <sup>6</sup> units/day)	1.60 <sup>d</sup>	2.80 <sup>c</sup>	4.11 <sup>b</sup>	4.65 <sup>a</sup>	0.17	0.001

<sup>1</sup> SEM: standard error of mean (n=8). <sup>2</sup> Statistical probability. <sup>3</sup> Trypsin inhibitors. <sup>4</sup> Chymotrypsin inhibitors.

Does not seem to be a negative linear effect at least until the levels of PI having the feed F-LUN. Indeed, pigs fed F-CAR and higher amounts of PI than those who consumed F-CON, grew 8.3% more. In piglets from 7.5 to 13 kg BW Brooks et al. (2009) tested a diet with 20% pea spring against a corn and SBM based control. The pigs that ate the pea diet improved ADG (418 vs 385 g) and ADFI (632 vs 561 g) significantly ( $P = 0.01$ ).

Increasing dietary CP using pea protein concentrate (PPC: 52.5% CP) obtained from micronized, increases, similarly, the amount of PI, as indicated Valencia *et al.* (2008) in a trial with piglets from 26 to 48 days of age, fed with PPC 10.5% compared to 12.1% of control SBM (45.2% CP); ADFI was unchanged, however the first had poorer performance due to the lower digestibility of the protein ( $P > 0.05$ ).

It does not seem that the processing of peas with a low content of PI have a significant effect. Grosjean et al. (1997) provided a diet with 40% raw peas or extruded, which showed a level of 2.4 TIU, piglets from 27 to 68 days of age, no differences compared to a control diet of soya ( $P > 0.05$ ). Conversely, in a second test of the same authors, a feed with 40% pea with high amounts of TI (10.4 TIU) against pea 2 TIU 40%, reduced ADG (371 vs 481 g) and ADFI (670 vs 726) significantly ( $P > 0.05$ ).

Stein and Peters (2008), in starter phase, obtained similar results in piglets fed based on corn and soybean compared to a diet with 60% spring pea ( $P > 0.05$ ). Neither got the best

productive results previously extruded peas. Presumably it was a variety with low levels of PI.

The possible reduction of ADFI, which refer to different authors, may be due to several causes. McLaughlin et al. (1983) relate it to high levels of TI, which can trigger the release of cholecystokinin (CCK) satiety-related hormone; for Grosjean et al. (1997) TI decrease the digestibility of tryptophan, AA effect on appetite. Jaikaran et al. (2002) in a trial of different colored peas (yellow and green) and pigs over 25 kg, found no differences in ADFI when compared with a control diet with soy, as in our case ( $P > 0.05$ ). However, the presence of saponins in peas, which the variety and type of saponin (B or DDMP) varies from 0 to 1.5 g/kg, could reduce consumption due to the bitter taste (Heng et al., 2006) although Price et al. (1985) suggest that dietary partial rejection begin at 2 g/kg of saponin. In our trial ADGI was the same in the four feeds, however the pigs fed with F-CAR improved ADG and FCR ( $P < 0.05$ ); assimilation efficiency of feed was more favorable and did not find an explanation for this.

Considering the data of the literature, a relationship between the daily intake of protein inhibitors and performance traits was expected. So some significant regression equations were obtained (Table 5). The variables TIU, CIU, (TIU+CIU) and (TIU/CIU) explained jointly the 70, 90, 67 and 42% of the variability of the dependent variables FBW, ADFI, ADG and FCR respectively.

In addition to the variety and growing conditions, it should be noted that the techniques of tillage (direct seeding or two-phase) may involve reductions of 27 to 44% of TI without changing the nutrients, important fact in the case of proteins (Pisulewska and Pisulewski, 2000, González-García, 2001).

**Table 5.** Trial 1. Relationship between average daily intake of protease inhibitors ( $\times 10^6$ ) and growth performance traits of pigs.

Regression equations <sup>1</sup>	R <sup>2</sup> <sup>2</sup>	RSD <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>
FBW = $-62.210 - (38.792 \cdot \text{TIU}) + (17.904 \cdot \text{CIU}) + (1.940 \cdot (\text{TIU} + \text{CIU})) + (164.594 \cdot (\text{TIU}/\text{CIU}))$	0.70	1.69	0.0001
ADFI = $0.251 - (0.402 \cdot \text{TIU}) + (0.039 \cdot \text{CIU}) + (0.134 \cdot (\text{TIU} + \text{CIU})) + (0.179 \cdot (\text{TIU}/\text{CIU}))$	0.90	0.05	0.0001
ADG = $-3.311 - (1.762 \cdot \text{TIU}) + (0.865 \cdot \text{CIU}) + (0.053 \cdot (\text{TIU} + \text{CIU})) + (7.439 \cdot (\text{TIU}/\text{CIU}))$	0.67	0.05	0.0001
FCR = $12.534 + (4.773 \cdot \text{TIU}) - (2.651 \cdot \text{CIU}) + (0.088 \cdot (\text{TIU} + \text{CIU})) - (21.069 \cdot (\text{TIU}/\text{CIU}))$	0.42	0.15	0.0037

<sup>1</sup> Dependent variables: final body weight (W2, kg); average daily gain (ADG, kg/day); average daily feed intake (ADFI, kg/day); feed conversion ratio (FCR). Independent variables: trypsin inhibitors (TI:  $10^6$  units/day); chymotrypsin inhibitors (CI:  $10^6$  units/day). <sup>2</sup> R<sup>2</sup>: coefficient of determination. <sup>3</sup> RSD: residual standard deviation. <sup>4</sup> Statistical probability.

#### 4.2. Trial 2. Diets with different percentages of narbon vetch

The Table 6 show the effect of increasing dietary levels of NV on growth performance of pigs during starter period.

**Table 6.** Trial 2. Effect of increasing dietary levels of narbon vetch on growth performance of pigs.

Variable	Diets: levels of narbon vetch				SEM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	0%	5%	15%	25%		
Initial body weight (kg)	11.56	11.54	11.47	11.62	Covariate	
Final body weight (kg)	21.20 <sup>b</sup>	23.40 <sup>a</sup>	20.73 <sup>b</sup>	18.28 <sup>c</sup>	0.365	0.001
Average daily gain (g/day)	536 <sup>b</sup>	652 <sup>a</sup>	505 <sup>b</sup>	373 <sup>c</sup>	18	0.001
Average daily feed intake (g/day)	778 <sup>b</sup>	947 <sup>a</sup>	788 <sup>b</sup>	630 <sup>c</sup>	26	0.001
Feed conversion ratio	1.45 <sup>c</sup>	1.45 <sup>c</sup>	1.56 <sup>b</sup>	1.68 <sup>a</sup>	0.028	0.001

<sup>1</sup> SEM: standard error of mean (n=8). <sup>2</sup> Statistical probability.

Animals fed the diet including 5% NV ate more feed ( $P < 0.001$ ) and grew faster ( $P < 0.001$ ) than those fed 0% diet and also than those fed higher levels of NV. The FCR was better (lower) with 0% and 5% NV diets than with 25% NV, being in an intermediate position

piglets fed with diet containing 15% NV ( $P < 0.001$ ). At the end of the experimental period, pigs fed with 5% NV were the heaviest and those fed 25% NV were the lightest ( $P < 0.001$ ).

Orthogonal contrasts comparing the effect of the presence of NV and their proportions are shown in Table 7. The relationship between production variables starter phase and proportion of narbon vetch and daily intake of GEC (%) adjusted to a cubical function. The variable narbon vetch explained the 79, 60 and 54% of the variability of the variables ADG, ADGI, and FCR respectively; in the case of GEC (%) was the 60, 44 and 67% for the same variables (Table 8). In both cases, the equations were polynomial and provide interesting information under the point of view of the formulation of pig diets.

**Table 7.** Trial 2. Orthogonal contrasts of the different production variables ( $P$  value).

Contrasts	FBW <sup>1</sup>	ADFI <sup>2</sup>	ADG <sup>3</sup>	FCR <sup>4</sup>
0% vs 5% + 15% + 25%	0.345	0.736	0.231	0.0024
5% vs 15% + 25%	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
15% vs 25%	0.0001	0.0004	0.0001	0.0072

<sup>1</sup> FBW: kg final body weight starter phase. <sup>2</sup> ADFI: g average daily feed intake. <sup>3</sup> ADG: g average daily gain. <sup>4</sup> FCR: kg/kg feed conversion ratio.

There is no information in the literature about the use of NV in piglets. The presence of GEC seems to be determinant in the differences in ADFI observed in the current trial. In fact, ADFI was 33.5% lower in pigs fed 25% NV than in those fed 5% NV. However, the GEC content, as other ANF, are necessary for plants into the defense and adaptation to the environment. In fact, the GEC in NV provides an unpleasant taste for rodents, birds, rabbits, etc. and its removal also makes of plants more sensitive to plagues, increasing the phytosanitary treatment of crops and, therefore, more expensive feedstuff (Tate and Enneking, 2006).

**Table 8.** Trial 2. Relationship between production variables starter phase and proportion of narbon vetch (0-25%) and daily intake of GEC (g).

Regression equations <sup>A</sup>	R <sup>2</sup> <sup>B</sup>	RSD <sup>C</sup>	P <sup>D</sup>
ADG = 0.536 + 0.043 · NV – 0.0046 · NV <sup>2</sup> + 0.000103 · NV <sup>3</sup>	0.79	0.054	0.001
ADFI = 0.778 + 0.060 · NV – 0.0059 · NV <sup>2</sup> + 0.00013 · NV <sup>3</sup>	0.60	0.096	0.001
FCR = 1.456 – 0.0074 · NV + 0.0013 · NV <sup>2</sup> – 0.0000258 · NV <sup>3</sup>	0.54	0.096	0.001
ADG = 0.537 + 0.3618 · GEC – 0.3534 · GEC <sup>2</sup> + 0.0737 · GEC <sup>3</sup>	0.60	0.076	0.001
ADFI = 0.778 + 0.5214 · GEC – 0.5021 · GEC <sup>2</sup> + 0.110 · GEC <sup>3</sup>	0.44	0.114	0.001
FCR = 1.45 – 0.028 · GEC + 0.0368 · GEC <sup>2</sup> + 0.0591 · GEC <sup>3</sup>	0.67	0.082	0.01

<sup>A</sup> ADG, average daily gain (kg/day); ADFI, average daily feed intake (kg/day); FCR, feed conversion ratio (kg/kg). NV, narbon vetch (%); GEC: γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (g). <sup>B</sup> R<sup>2</sup>: coefficient of determination. <sup>C</sup> RSD: residual standard deviation. <sup>D</sup> Statistycal probability.

One strategy could be the removal of GEC after harvesting. Enneking (1995b) tested three diets (35% peas, 35% NV previously treated during 12 h with 4% acetic acid solution at 121°C 30 min in autoclave and 35% NV non-treated) finding no difference in ADFI between the two first diets. The reason could be that the acid decreased the GEC activity but, due to the thermo stability, the treatment by autoclave was not effective. The variety of NV used in the current trial was not previously treated; it was only grinded, mixed and pelleted with the rest of the ingredients. Then the GEC content in the diet with high NV level was higher carrying out lower ADG and ADFI.

Therefore, it is important the selection of NV varieties with low GEC contents. The NV used in the present experiment showed medium-low GEC level if data reported in the literature is considered, with ranges from 0.4 to 3.8% (Enneking et al., 1998; Berger et al., 2003). However, it has to be also taken into account that the GEC content depends, at least in part, of the variety of seed, conditions of cultivate, and sulfur composition of soil (Enneking and Wink, 2000; Arias-Royo et al., 2006).

## 5. CONCLUSIONS

Under the experimental conditions of the current trial, it can be concluded that piglets in the starter phase, improve or maintain performance with ADI levels of at least 2.67 and 4.65 inhibitors of trypsin and chymotrypsin ( $10^6$  units/day), respectively, with rates of 54.1% peas according to variety, decreasing the percentage of soybean significantly.

The amount of GEC in NV determines inclusion in the feed; the addition to the diet of 5% of NV with a maximum of 1.52% of GEC increased ADG and ADFI significantly. The NV percentages highest of 15% worsen the palatability of feed, affecting adversely the performance.

## 6. REFERENCES

- Adamidou, S., Nengas, I., Grigorakis, K., Nikolopoulou, D., Jauncey, K. 2011. Chemical Composition and Antinutritional Factors of Field Peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and Faba Beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry Journal* 88: 80-86.
- Arias, M., Ortiz, L. T., de los Mozos, M. 2004. Phenolic compounds and pyrimidine glycoside determination in *Vicia narbonensis* seed. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP nº 110, 2004. Toledo Spain.
- Arias-Royo, M., Tate, M., Enneking, D. 2006. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? *Grain Legumes* 47 – 3rd quarter 2006.
- Batterham, E. S., Saini, H. S., Andersen, L. M., Baigent, R. D. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of Science Food and Agriculture* 61: 211–216.
- Bengala-Freire, J., Hulin, J. C., Peiniau, J., Aumaitre, A. 1989. Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage précoce du porcelet et

- consequences sur les performances jusqu'à l'abattage. Journées de la Recherche Porcine en France 21: 75-82.
- Berger, J. D., Robertson, L. D., Cocks, P. S. 2003, Agricultural potencial of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Antinutritional factor concentration in the genus *Vicia*. Genetics Resources and Crop Evolution 50(5): 201-212.
- BOE. 2013. Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado 34: 11370-11421.
- Brand, T. S., Brandt, D. A., Cruywagen, C. W. 2004. Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. South African Journal of Animal Science 34 (2) South African Society for Animal Science 116.
- Brooks, K. R., Wiegand, B. R., Meter, A. L., Petersen, G. I., Spencer, J. D., Winter, J. R., Robb, J. A. 2009. Inclusion of Yellow Field Peas and Carbohydrase Enzyme in Nursery Pig Diets to Improve Growth Performance. Professional Animal Scientist 25: 17-25.
- Burbano, C., Cuadrado, C., Muzquiz, M., Cubero, J. I. 1995. Variation of favism-inducing factors (vicine, convicine and L-DOPA) during pod development in *Vicia faba* L. Plant Foods for Human Nutrition 47: 265-274.
- Caminero, C. 2002. Adaptación a la siembra invernal y tolerancia al frío en guisante (*Pisum sativum* L.), Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Spain. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Ed).
- Carrouée, B., Grosjean, F., Peyronnet, C., Weiss, P. 1994. Guisantes, Utilización en Alimentación Animal. UNIP-ITCF, París. 96 pp.
- Castleman, C. 2000. A guide for Feeding Narbon Beans to Animals. Department of Natural Resources and Environment. Victorian Institute for Dryland Agriculture, Australia. 4 pp.
- Champ, M. J. M. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. British Journal of Nutrition 88(3): 307-319.



- Creveieu-Gabriel, I. 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. INRA, Production Animal 12(2): 147-161.
- Dávalos, A., Gómez-Cordovés, C., Bartolomé, B. 2004. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-fluorescein) assay. Journal Agriculture Food Chemistry 51, 7040-7043.
- Davies, R. L. 1989. Advances in grain legume utilization for pig production. URI: <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19551>.
- Diario Oficial de la Unión Europea. 2009. Reglamento (CE) nº 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. L 54/1–L 54/130.
- Doublecz, K. 2011. Animal nutrition. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.
- Enneking, D. 1995a. Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? In: Yusuf, H. K. M. and Lambein, F. Eds. *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism: Progress and Prospects. Dhaka: University of Dhaka, 1995; pp, 85-92.
- Enneking, D. 1995b. The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA). Occasional Publication N° 6. University of Western Australia. Nedlands W.A. (First edition, Enneking, D. (1994) PhD thesis, University of Adelaide).
- Enneking, D., Delaere, I. M., Tate, M. E. 1998.  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine: a dipeptide from *Vicia narbonensis*. Phytochemistry 48(4): 643-645.
- Enneking, D., Wink, M. 2000. Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. In: Knight, R. (ed.) Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference. Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol. 34. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London pp. 375- 384.
- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G.

- G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.
- FEDNA, 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, J. Gasa, G. G. Mateos). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- Franco-Jubete, F., Ramos, A. 1996. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León. Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería, Spain.
- García, C. A., Barrios, A., Martín, A., Rodríguez, M. J., Caminero, C. 2006. La posible recuperación de algunas leguminosas (*Vicia narbonensis* L. y *Lathyrus cicera* L.) para su cultivo en los secanos de Castilla y León. In: De los Mozos Pascual, M., Giménez Alvear, M. J., Rodríguez-Conde, M. F., Sánchez Vioque, R. (Eds.), Nuevos Retos y Oportunidades de las Leguminosas en el Sector Agroalimentario Español. Segundas Jornadas de la Asociación Española de Leguminosa. Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo, Spain. Pp. 73–80 (Eng. Abstr.).
- Gatel, F., Grosjean, F., Castaing, J. 1989. Utilisation par le porc charcutier de régimes à teneur élevée en pois de printemps (plus de 40%). Journées de la Recherche Porcine en France 21: 69-74.
- Gilani, G. S., Cockell K. A., Sepehr, E. 2005. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. Journal of AOAC International Int 88: 967-987.
- González-García, M, R., 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Grant, G., Dorward, P. M., Buchan, W. C., Armour, J. C., Pusztai, A. 1995. Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max* L.), kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpeas (*Vigna unguiculata* L.) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.) by rats for up to 700 days: Effects on body composition and organ weights. British Journal of Nutrition 73(1): 17-29.

- Griffiths, D. W. 1984. The trypsin and chymotrypsin inhibitor activities of various pea (*Pisum* spp.) and field bean (*Vicia faba*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 481–486.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Bogaert, C., Bourdillon, A., Peyronnet, C., le Guen, M. P., Williatte, I. 1997. Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40% de pois. *Journées de la Recherche Porcine en France* 29: 197-204.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B., Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 643-652.
- Guillamón, E., Mateo-Vivaracho, L., Villares, A., D'Arrigo, M., Pedrosa, M. M., García-Lafuente, A., Muzquiz, M. 2012. Inhibidores de tripsina y de quimotripsina en semillas de leguminosas. IV Jornadas de la Asociación Española de leguminosas. Pontevedra, 6-7 Junio.
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S. 2001. Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Livestock Research for Rural Development* 13(6).
- Heng, L., Vincken, J. P., van Koningsveld, G. A., Legger, A., Gruppen, H., van Boekel, M. A. J. S., Roozen, J., Voragen, A. G. J. 2006. Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(8): 1225-1231. ISSN 0022-5142.
- Jaikaran, S., Colangelo, M., William, C. 2002. Growth and feed intake of growing pigs fed diets containing three varieties of field peas. *Advances in pork production* 13: 25.
- Jones, B. N., Päävo, S., Stein, S. 1981. Amino acids analysis and enzymatic sequence determination of peptides by an improved o-phthaldialdehyde precolumn labeling rocedure. *Journal of Liquid Chromatography* 4: 565-586.
- Kakade, M. L., Racki, J. J., McGhee, J.E., Puski, G. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry* 51: 376-382.

- Kökten, K., Koçak, A., Bağci, E., Akçura, M., Çelik, S. 2010. Tannin, protein contents and fatty acid compositions of the seeds of several *Vicia* L, species from Turkey. *Grasas y Aceites*. 61(4): 404-408, doi: 10.3989/gya.021310.
- Le Gall, M., Quillien, L., Sève, B., Guéguen, J., Lallès, J. P. 2007. Weaned piglets display low gastrointestinal digestion of pea (*Pisum sativum* L.) lectin and pea albumin 2. *Journal of Animal Science* 85(11): 2972-2981.
- Mateos, G. G., Valencia, D. G., Serrano, M. P., Lázaro, R. 2008. Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Valladolid.
- McLaughlin, C. L., Peikin, S. R., Baile, C. A. 1983. Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in Zucker rats. *Physiology and Behavior* 4: 487-91.
- Moore, S. 1963. On determination of cystine as cisteic acid. *Journal of Biological Chemistry* 238: 235-237.
- Muzquiz, M. 2012. Componentes nutricionalmente activos en leguminosas: implicaciones en nutrición y salud. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Pontevedra, 6 y 7 de junio, 2012.
- Muzquiz, M., Hill, G. D., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Burbano, C. 2004. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP publication. Wageningen, The Netherlands.
- Pisulewska, E., Pisulewski, P. M. 2000. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. *Animal Feed Science and Technology* 86: 261-265.
- Price, K. R., Griffiths, N. M., Curl, C. L., Fenwick, G. R. 1985. Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponina. *Food Chemistry* 17: 105-115.
- SAS, 2004. User's Guide. SAS Institute. Cary, NC.

- Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. 1981. Studies on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities, hemagglutinating activity, and sugars in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science* 46: 626-629.
- Stein, H., Peters, D. N. 2008. Effects of including field peas in diets fed to weanling pigs. *Journal of Animal Science* 86: E-Suppl, 2.
- Tate, M., Enneking, D. 2006. Vetches: from feed to food, Common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*): feed or future food? *Grain Legumes* N° 47 – 3rd quarter 2006.
- Valencia, D. G., Serrano, M. P., Centeno, C., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2008. Pea protein as a substitute of soya bean protein in diets for Young pigs: Effects on productivity and digestive traits. *Livestock Science* 118: 1-10.
- Van de Wouw, M., Enneking, D., Robertson, L. D., Maxted, N. 2001. Vetches (*Vicia* L.). Chapter 9 in: Maxted, N. and Bennett, S. J. Eds. *Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean*. Dordrecht: Kluwer; 2001; pp. 132-157.
- Vidal-Valverde, C., Frías, J., Hernández, A., Martín-Álvarez., P. J., Sierra, I., Rodríguez, C., Blázquez, I., Vicente, G. 2003. Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 298–306.
- Wali, S. A., Hobi, A. A., Nouri, A. 2005. Some physiological and histological changes in the broilers fed gagon seeds (Narbon vetch). *Journal of Biological Sciences* 5(2): 111-113.



## **CAPÍTULO 3**

### **UTILIZACIÓN DE GUISANTE DE INVIERNO EN PIENSOS PARA CERDOS GRASOS. RELACIÓN DEL NIVEL DE INHIBIDORES DE PROTEASAS CON EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LA CALIDAD DE LA CANAL**

Enviado a la revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

(AIDA - ITEA)





## 1. RESUMEN

Se realizó un ensayo para valorar la sustitución de soja por guisantes de invierno con distintos niveles de inhibidores de proteasas, tanto de tripsina como de quimotripsina, sobre el rendimiento de cerdos grasos. Se emplearon 192 machos castrados, híbridos comerciales, con  $22,10 \pm 1,74$  kg de peso y 61 días de edad. Los guisantes fueron: Cartouche, Iceberg y Luna, con 9,87, 5,75 y 12,55 unidades de tripsina inhibida (UTI/mg) y 10,16, 8,62 y 15,75 unidades de quimotripsina inhibida (UQI/mg), respectivamente. El diseño, en bloques completos al azar, tuvo cuatro tratamientos según el guisante incluido en el pienso: Control-soja, Cartouche, Iceberg y Luna, con 12 réplicas de 4 cerdos por tratamiento. Durante la fase estándar (61 a 83 días de edad) no se sustituyó por completo la soja, para no sobrepasar el nivel de 4 UTI/mg en pienso. De 84 a 108 días de edad los animales que consumieron los piensos Control-soja e Iceberg, tuvieron el mismo consumo y crecimiento, empeorando en los cerdos alimentados con Luna y Cartouche ( $P < 0,05$ ). La conversión fue igual en los tratamientos Control-soja e Iceberg, ocupando una posición intermedia en Cartouche y peor en los cerdos del pienso Luna ( $P < 0,05$ ). De 109 a 127 días de edad el crecimiento y la conversión fueron iguales, con un consumo más elevado en Control-soja e Iceberg que en los cerdos que consumieron Cartouche y Luna ( $P < 0,05$ ). No hubo diferencias durante el acabado (128 a 167 días de edad). Podemos concluir que guisantes de invierno con 5,75 UTI/mg y 8,62 UQI/mg sustituyen a la soja desde los 84 hasta los 167 días de edad sin alterar el rendimiento productivo, de canal, de piezas nobles y del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.

Palabras clave: legumbres, inhibidores de proteasas, calidad de la carne, alimentación de cerdos grasos.

## 1.1. ABSTRACT

An experiment were conducted to evaluate the replacement of soybean for winter peas with different levels of protease inhibitors, both trypsin and chymotrypsin, about performance of fatty pigs. Were used one hundred ninety-two castrated males, commercial hybrids, with  $22.10 \pm 1.74$  kg BW and 61 days of age. Three peas, Cartouche, Iceberg and Luna were used, with 9.87, 5.75 and 12.55 trypsin inhibited units (UTI/mg) and 10.16, 8.62 and 15.75 chymotrypsin inhibited units (CIU/mg), respectively. The design, in completely randomized blocks, had four treatments according the pea included in feed: Control-soy, Cartouche, Iceberg and Luna, with 12 replicates of four pigs per treatment. During the starter phase (61-83 days old) were not completely replaced soybean not to exceed the 4 UTI/mg in feed. From 84 to 108 days of age, the pigs fed with Control-soy and Iceberg had the same feed intake and growth, being worse in pigs fed Luna and Cartouche ( $P < 0.05$ ). The feed conversion behaved the same in Iceberg and Control-soy treatments, occupying an intermediate position in Cartouche and worse in pigs fed with Luna ( $P < 0.05$ ). In the fattening (109-127 days of age) growth and feed conversion were the same, however the feed intake was higher in Control-soy and Iceberg in pigs fed Cartouche and Luna ( $P < 0.05$ ). There were no significant differences during finishing (128-167 days of age). We conclude that winter peas with levels of 5.75 and 8.62, TIU/mg and CIU/mg, respectively, replace soybean from 84 to 167 days of age without affecting the yield, carcass quality, main lean cuts and intramuscular fat loin content and major fatty acids proportion (C16:0, C18:0, C18:1n-9) of subcutaneous fat.

Key words: legume, protease inhibitors, meat quality, heavy pig feeding.

## 2. INTRODUCCIÓN

La producción de ingredientes proteicos para alimentación animal en la UE es insuficiente. La proteína utilizada procede en un 63% de la harina de soja (HnaS), de la que somos el primer importador mundial con 20,1 millones de toneladas (FEFAC, 2011; USDA, 2014). La situación es más preocupante en España, con una dependencia mayor si tenemos en cuenta que de los 26 millones de toneladas de HnaS consumidos en Europa, parte de ellos procedente de haba de soja también importada, 4,47 millones de toneladas lo son en nuestro país (CESFAC, 2012). Una forma de minimizar el riesgo que supone el encarecimiento y la disponibilidad de la soja, es la utilización de materias primas como el guisante proteaginoso.

El guisante presenta un perfil nutricional de gran interés para ganado porcino, con un porcentaje de almidón cercano al de los cereales, fibra de buena calidad y cantidades de proteína bruta (PB) que varían del 14% al 33% según la información que reflejan distintos autores y se deben, principalmente, a la variedad, época de siembra y técnica de cultivo (Castell et al., 1996; González-García, 2001). El perfil de aminoácidos (AA) como lisina, treonina y triptófano es adecuado para las necesidades de ganado porcino, y deficitario para los requerimientos de AA azufrados metionina-cistina (Grosjean et al., 2000; FEDNA, 2010). Hoy en día, las llamadas variedades de primavera son las que se emplean mayoritariamente en la fabricación de piensos, al parecer porque presentan un contenido más favorable de PB y de factores antinutritivos (FAN) (Leterme et al., 1990; FEDNA, 2010). Sin embargo la realidad es otra; las variedades de invierno, o mejor dicho, tolerantes al frío, tienen producciones por hectárea (ha) más elevadas, porcentajes de proteína que pueden superar en dos puntos a las de primavera y no siempre mayores niveles de FAN, concretamente de inhibidores de proteasas (IP) tanto de tripsina (IT) como de quimotripsina (IQ) (Grosjean et al., 2000; Caminero, 2002).

La inclusión de niveles elevados en piensos se ha limitado por la presencia de FAN, principalmente IP, que dificultan la actividad de enzimas proteolíticas y provocan una

digestibilidad de las proteínas reducida (Guillamón et al., 2012; Muzquiz, 2012). El efecto sobre el rendimiento puede ser más acusado en animales jóvenes, aumentando la tolerancia con la edad (Bengala-Freire et al., 1989; Mateos et al., 2008).

Al igual que la PB, los IT presentan un rango muy amplio: 0,8-17,7 unidades de tripsina inhibida (UTI) por mg de materia seca (MS), dependiendo en gran medida de la variedad y, según autores, de las condiciones y técnicas de cultivo (Muel et al., 1998; Vidal-Valverde et al., 2003). Estas últimas pueden suponer reducciones del 27 al 44% de los IT sin variar los nutrientes, hecho de importancia en el caso de las proteínas que además no están correlacionadas con el nivel de IP (Pisuleswka y Pisuleswki, 2000; González-García, 2001). Por otro lado, la baja actividad de IT, no está ligada exclusivamente a los guisantes de primavera como indican Franco-Jubete y Ramos (1996).

Los IQ, que en nuestros guisantes varía de 8,62 a 15,75 unidades de quimotripsina inhibida (UQI) por mg de muestra, tienen más capacidad inhibidora y se encuentran en mayor cantidad que los IT (Tabla 1), a pesar de que estos últimos son los marcadores habituales de actividad IP (Griffiths, 1984; Champ, 2002).

Al ser sustancias termolábiles los IP se pueden inactivar mediante tratamientos físicos, que puede llegar al 94% con la extrusión húmeda (Marlier et al., 1989, Adamidou et al., 2011). Su resistencia depende de la naturaleza química, más estables los IP de Bowman-Birk, presentes en los guisantes, y menos los de Kunitz que se encuentran también, y en mayor proporción, en la soja (Birk, 1985; Van Amerongen et al., 1998). Sin embargo, estos tratamientos, que serían más interesantes en fases de lechones y con guisantes de elevada actividad inhibitoria, suponen un encarecimiento del pienso y si son demasiado agresivos pueden degradar la proteína, principalmente el aminoácido lisina, sensible a las altas temperaturas (Crevieu-Gabriel, 1999).

En el ensayo que se describe a continuación se han empleado variedades de guisante con elevado interés agronómico, rendimientos por ha que puede llegar incluso a superar a los cereales y muy adaptadas a las condiciones de ambas Castillas (Ney y Duc, 1997; Caminero, 2002).

El objetivo del estudio fue la sustitución de harina de soja 47 y soja extrusionada como fuentes proteicas de un pienso control (CON) por tres variedades de guisantes de invierno con distintos niveles de IP: Cartouche (P-CAR), Iceberg (P-ICE) y Luna (P-LUN), que reemplazaron totalmente a la soja a partir de los 84 días de edad y a la vez incrementaron los niveles de IP en el pienso para cerdos grasos (22 a 125 kg), y su efecto en el rendimiento zootécnico, de la canal y porcentaje de grasa intramuscular y perfil de los ácidos grasos principales de la grasa subcutánea. A los resultados de rendimiento productivo, de canal y piezas nobles, se añadieron las ecuaciones predictivas de crecimiento, consumo, conversión y peso de cada fase: estárter (61-83 días de edad), crecimiento (84-108 días de edad), engorde (109-127 días de edad), acabado (128-167 días de edad), según los niveles de UTI y de UQI por mg de pienso.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Animales e instalaciones.

Todos los procedimientos empleados en el ensayo, respetaron la normativa sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos reflejada en el Boletín Oficial del Estado (2013).

Se emplearon 192 cerdos de 61 días de edad, híbrido Duroc x (Landrace x Large white), sólo machos (castrados a los  $5 \pm 3$  días de edad), procedentes de una granja de producción situada en San Pedro Manrique (Soria). Al comienzo de las pruebas, se identificaron y pesaron todos los animales individualmente (peso inicial: P0):  $22,10 \pm 2,74$  kg de peso vivo (PV), asignándose a los diferentes tratamientos experimentales según el peso corporal.

El ensayo se llevó a cabo en la nave de cebo del Centro de Pruebas de Porcino del Instituto Tecnológico Agrario (ITACyL, Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León), situado en Hontalbilla (Segovia). Los animales experimentales fueron

alojados en cuatro salas, provistas con 12 departamentos por sala y cuatro cerdos en cada una (1,40 m<sup>2</sup> por cerdo), con cama de paja, tolva tipo holandés y un bebedero de chupete. Las condiciones ambientales se controlaron automáticamente durante todo el periodo experimental, siendo la temperatura de  $20 \pm 2$  °C y la humedad relativa de  $50 \pm 20\%$ .

### 3.2. Piensos experimentales

Los piensos (CON: control soja, P-CAR: guisante Cartouche, P-ICE: guisante Iceberg, P-LUN: guisante Luna), fueron fabricados en COPISO Soria Sociedad Cooperativa (Soria), y se formularon de acuerdo con FEDNA (2010) para cumplir o exceder los requerimientos nutricionales en cerdos de esa edad (FEDNA, 2006). Se administraron *ad libitum* en forma de gránulo de 3 mm, disponiendo de libre acceso al agua. La Tabla 1 muestra el análisis determinado de la harina de soja, la soja extrusionada y los diferentes guisantes, y las Tablas 2 y 3 los ingredientes y los análisis calculados y determinados de los piensos experimentales.

En la fase estárter (61-83 días de edad), no se sustituyó la soja por completo, con la idea de no sobrepasar niveles de IT superiores a 4 UTI/mg de pienso, tolerables a esa edad (Batterham et al., 1993). Por este motivo, y para determinar la digestibilidad (ileal estandarizada) de proteína y AA limitantes de los distintos guisantes, se aplicaron las ecuaciones predictivas de Grosjean et al. (2000). En ellas se tiene en cuenta la actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína bruta ( $AITP = 100/PB\%*UTI$ ) para cada uno de los siguientes nutrientes: PB ( $-0,1975*AITP + 84,72$ ), Lisina ( $-0,1617*AITP + 87,84$ ), Metionina ( $-0,2630*AITP + 86,46$ ), Cistina ( $-0,2029*AITP + 78,55$ ), Treonina ( $-0,2171*AITP + 82,61$ ) y Triptófano ( $-0,3536*AITP + 80,44$ ) (Tabla1). De esta manera se facilitó la formulación de los piensos con guisantes. Sin embargo, los niveles de IT y de IQ fueron más altos en los piensos que contenían guisantes Iceberg y Luna en estárter, y a partir de crecimiento con Cartouche y Luna.

**Tabla 1.** Composición química de las materias primas proteicas: harina de soja 47, soja extrusionada y guisantes (Cartouche, Iceberg, Luna).

Composición química %	* Harina de soja 47	* Soja extrusionada	Guisante Cartouche	Guisante Iceberg	Guisante Luna
Materia seca	88,00	89,90	89,98	90,45	90,01
Proteína bruta	47,00	36,80	21,10	23,20	23,30
Lisina	2,88	2,25	1,48	1,62	1,63
Metionina + cistina	1,38	1,07	0,51	0,56	0,56
Treonina	1,85	1,46	0,80	0,88	0,89
Triptófano	0,63	0,49	0,19	0,21	0,21
Isoleucina	2,13	1,67	0,97	0,89	0,99
Leucina			1,55	1,44	1,50
Valina	2,27	1,77	1,20	0,96	1,19
Fibra bruta	4,10	6,10	5,20	5,70	6,36
Grasa bruta	1,90	19,20	1,48	1,15	1,15
Cenizas	6,20	4,80	2,47	2,74	2,48
Almidón	0,50		43,36	40,88	43,56
Amilosa <sup>1</sup>			35,17	34,46	36,36
Amilopectina <sup>1</sup>			64,83	65,54	63,64
UTI <sup>2</sup>	0,61	2,36	9,87	5,75	12,55
UQI <sup>3</sup>	3,56	4,65	10,16	8,62	15,75
AITP <sup>7</sup> (UTI mg/CP%) <sup>4</sup>			46,78	24,78	53,86

\* Datos de FEDNA 2010. <sup>1</sup> Porcentaje de almidón. <sup>2</sup> Unidades de tripsina inhibida/mg de pienso.

<sup>3</sup> Unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso. <sup>4</sup> Actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína bruta (100/PB% \* UTI).

La composición química de los piensos y de los guisantes fue determinada de acuerdo con los procedimientos descritos en el Diario Oficial de la Unión Europea (2009) en el laboratorio de I+D Agroalimentario del ITACYL (finca Zamadueñas, Carretera de Burgos, km. 119, Valladolid), y el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Sección de Tecnología Vegetal, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Carretera de la Coruña, km 7,5, Madrid).

La actividad IT (UTI mg de muestra), fue valorada con el método de Kakade et al. (1974) modificado por Grant et al. (1995) y Muzquiz et al. (2004), utilizando como sustrato N $\alpha$ -benzoil-DL-arginina-P-nitroanilida (BAPNA). Las UTI se calcularon mediante una lectura de absorbancia a 410 nm frente a un patrón blanco, con un espectrofotómetro ultravioleta (modelo DU-7, Beckmann Instruments Inc., Fullerton, CA). En el caso de la actividad IQ

(UQI mg muestra) se empleó el procedimiento de Sathe y Salunkhe (1981), con N-Benzoyl-Tyrosine-Ethyl Esther (BTEE) como sustrato.

La concentración de AA en guisantes se determinó mediante cromatografía de intercambio iónico (Hewlett-Packard 1100, Waldbronn, DE) después de hidrólisis ácida, aplicando el procedimiento descrito por Jones et al. (1981). Para valorar las concentraciones de metionina y cistina, muestras separadas se oxidaron con ácido per fórmico antes de la hidrólisis midiéndose como sulfona metionina y ácido cisteico, respectivamente (Moore, 1963). El triptófano se calculó después de hidrólisis alcalina durante 20 horas a 110 °C.

La PB de los tres guisantes superó la cantidad indicada para guisante de primavera por FEDNA (2010): 23,3, 23,2, 21,1 y 20,6% de PB, para LUN, ICE, CAR y guisante primavera, respectivamente. El perfil de AA presentó valores inferiores para lisina en CAR y de valina en ICE. El porcentaje de grasa bruta fue mayor en CAR y el almidón más bajo en ICE. Los resultados de IP clasificaron a cada guisante con distinta actividad antitripsica según Carrouée et al. (1994): actividad baja para ICE (4 a 7 UTI/mg), actividad media en CAR (7 a 10 UTI/mg) y muy alta en LUN (10 a 13 UTI/mg). Los IQ superaron a los IT en los tres casos, pero con diferentes proporciones, llegando al 50% en el caso de ICE.

La cantidad de IT en los piensos estándar (Tabla 3) fue inferior a 4 UTI/mg en el que presentó mayor capacidad inhibidora (P-LUN). Es el planteamiento previsto inicialmente al formular los piensos, no superando el límite de tolerancia descrito por Batterham et al. (1993) para cerdos de 20 a 50 kg. Durante la fase de crecimiento el nivel de inclusión de guisantes sobrepasó el 60%, y los IP alcanzaron los mayores valores, debido a que ya se substituyó por completo la soja y el porcentaje de PB en la dieta era aún elevado. En el engorde y acabado la actividad inhibidora del pienso disminuyó de manera notable en P-CAR, P-ICE y P-LUN, sin embargo en el pienso CON la actividad permaneció constante durante todo el ensayo (61 a 167 d de edad).



### 3.3. Control de rendimientos

Se efectuaron un total de ocho pesadas individuales a los 61, 83, 98, 108, 127, 139, 154 y 167 días de edad, en una báscula digital (S-4C Sipesa, Girona, España) cada dos semanas o coincidiendo con los cambios de pienso en cada fase: estárter (61-83 días de edad), crecimiento (84-108 días de edad), engorde (109-127 días de edad), acabado (128-167 días de edad). Al mismo tiempo se calculó el consumo total de pienso por departamento; con ambos datos, se pudo evaluar el consumo medio diario por animal (CMD, kg/día), la ganancia media diaria (GMD, kg/día), y el índice de conversión (IC, kg de pienso consumido/kg de ganancia de peso).

A los 167 días de vida se estimó el porcentaje de magro y el espesor de tocino dorsal mediante ultrasonido (Piglot 105, SFK Technology, DK). Para ello se realizaron dos medidas, a nivel de la 3ª - 4ª últimas costillas y entre la 3ª - 4ª vértebras lumbares; en ambos casos a 8 cm de la línea media y repitiendo en los dos lados. Diariamente se supervisó el estado sanitario, no registrándose incidencias o patologías que pudieran afectar a los resultados del ensayo.

El sacrificio se llevó a cabo en un matadero industrial (Industrias Cárnicas Loriente S.A. -INCARLOPSA-, Cuenca). Previamente a la salida al matadero, se tatuaron los animales individualmente para evitar problemas en la trazabilidad de las canales, y se mantuvieron en ayuno 12 horas antes del sacrificio con agua a libre disposición. El aturdimiento se efectuó en cámara de dióxido de carbono, con una concentración mínima del 80% y durante 45". Tras el desangrado, escaldado y eviscerado se tomó el peso de la canal en caliente para calcular su rendimiento. El peso y rendimiento de piezas nobles se registró a las 24 horas del sacrificio, una vez realizado el despiece en frío de los animales.

La grasa intramuscular del lomo fue extraída mediante el método propuesto por Marmer y Maxwell (1981). La grasa subcutánea se extrajo mediante el procedimiento de Bligh y Dyer (1959) y se metiló con la técnica de Sandler y Karo (1992). La composición de los ácidos grasos de la grasa subcutánea extraída se determinó por cromatografía de gases

en las siguientes condiciones: temperatura del horno = 170 °C, temperatura del inyector = 250 °C, temperatura del detector = 250 °C, flujo de gas portador = 2,5 mL / min. °C split 1/50. La identificación de los ácidos grasos se realizó por inyección de ésteres metílicos de patrones y su comparación posterior con los tiempos de retención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos. El cromatógrafo utilizado fue un Hewlett Packard – HP-5890 serie II; el sistema de inyección empleado fue split y el detector utilizado de ionización de llama (FID). La columna utilizada fue HP-innowax capilar con una longitud de 30 m, diámetro interno de 0,32 mm y un grosor de fase de 0,25 µm. Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje (gramos de ácido graso por 100 g de ácidos grasos).

**Tabla 2.** Ingredientes y composición de los piensos experimentales: CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna).

Ingredientes %	Estárter: 61-83 días				Crecimiento: 84-108 días				Engorde: 109-127 días				Acabado: 128-167 días			
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN
Harina de soja 47	16,20				15,70				12,20				6,83			
Guisante Cartouche		30,94				66,34				52,19				29,30		
Guisante Iceberg			54,01				47,38				37,30				21,10	
Guisante Luna				22,90				58,30				46,16				25,80
Cebada	43,49	21,00	13,00	27,30	59,23	9,00	28,00	16,00	62,93	23,00	37,95	29,00	68,39	46,80	54,94	50,29
Trigo	25,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	21,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,80	20,00	20,00	20,00
Soja extrusionada	5,00	17,80	3,00	19,50												
Grasa	2,40	2,00	2,20	2,00	2,50	2,00	2,00	2,00	2,30	2,00	2,00	2,00	1,98	2,00	2,00	2,00
Fosfato dicálcico	1,65	1,57	1,58	1,60	0,44	0,29	0,38	0,33	0,24	0,13	0,20	0,16				
Carbonato cálcico	0,45	1,06	0,59	1,03	0,79	1,20	1,09	1,17	1,04	1,57	1,40	1,55	0,82	0,86	0,87	0,86
Cloruro sódico	0,20	0,20	0,20	0,20	0,35	0,50	0,36	0,50	0,43	0,5	0,44	0,50	0,49	0,50	0,50	0,50
L-lisina 50%	0,49	0,26	0,12	0,31	0,58	0,13	0,27	0,18	0,49	0,15	0,25	0,18	0,39	0,20	0,26	0,22
DL-metionina	0,05	0,11	0,16	0,10	0,08	0,19	0,17	0,18	0,06	0,15	0,13	0,14	0,01	0,05	0,04	0,04
L-treonina	0,05	0,05	0,06	0,05	0,11	0,125	0,13	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09	0,0	0,07	0,08	0,07
Premix <sup>1</sup>	5	5	5	5	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,2	0,20
<b>Composición calculada %</b>																
EN (Mcal/ kg)	2,41	2,43	2,40	2,44	2,40	2,40	2,40	2,40	2,39	2,40	2,39	2,40	2,41	2,42	2,42	2,42
Proteína bruta	20,01	19,99	19,96	20,01	15,59	15,87	15,56	15,40	13,23	13,7	13,63	13,48	12,22	12,74	12,44	12,89
Grasa bruta	5,11	6,90	4,20	7,15	4,15	3,44	3,34	3,27	3,96	3,48	3,41	3,35	3,67	3,57	3,53	3,50
Fibra bruta	4,57	4,32	4,5	4,57	3,94	4,39	4,53	5,00	3,97	4,31	4,43	4,81	4,04	4,24	4,30	4,52
Cenizas	6,34	6,31	5,6	6,34	5,21	5,13	5,06	5,12	4,27	4,37	4,29	4,37	4,70	4,52	4,57	4,51
Lisina	1,31	1,31	1,31	1,31	1,00	1,11	1,06	1,13	0,87	0,90	0,92	0,98	0,70	0,74	0,74	0,86
Palmítico C16:0	0,87	0,82	0,72	1,12	0,84	0,61	0,69	0,63	0,80	0,64	0,68	0,65	0,74	0,70	0,71	0,70
Estearico C18:0	0,40	0,43	0,36	0,44	0,38	0,30	0,30	0,30	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Oleico C18:1n-9	1,23	0,93	1,28	1,81	1,25	0,97	1,07	1,08	1,13	1,07	1,07	1,08	1,02	0,98	1,04	1,05
Linoleico C18:2n-6	1,37	2,63	1,00	2,80	0,87	0,72	0,69	0,66	0,85	0,74	0,72	0,70	0,83	0,79	0,77	0,76

<sup>1</sup> Premix 5: Ingredientes %: concentrado de proteína de soja 62, 31; gluten de maíz 60, 30; proteína de maíz y trigo, 13; vitaminas y minerales, 8; harina de soja 47, 5; hidrolizado de proteína porcina, 5; proteína de patata, 4; aceite de soja, 0,5; aminoácidos, 3,5. Composición química %: concentrado de proteína, 4,6 (humedad, 10,16; cenizas, 11,58; proteína cruda, 70,5; grasa bruta, 5; fibra bruta, 2,61); Vitaminas y minerales, 0,4 (10000 UI vitamina A/kg, 2000 UI vitamina D<sup>3</sup>/kg, 20 mg vitamina E (α-tocoferol)/kg, 125 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 80 mg/kg de óxido de zinc. Premix 0,2: 8000 UI vitamina A/kg, 1800 UI vitamina D<sup>3</sup>/kg, 15 mg vitamina E (α-tocoferol)/ kg, 70 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 100 mg/kg de óxido de zinc.

**Tabla 3.** Análisis determinado de los piensos experimentales CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna).

Análisis determinado %	Estárter: 61-83 días				Crecimiento: 84-108 días				Engorde: 109-127 días				Acabado: 128-167 días			
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN
Materia seca	90,4	89,8	89,7	89,7	90,3	89,3	89,6	90,0	90,0	90,5	90,6	90,6	89,8	90,3	90,5	90,4
Proteína bruta	18,8	19,1	19,2	19,5	16,2	16,8	16,8	17	12,6	13	12,7	12,9	11,6	11,9	11,1	11,6
Grasa bruta	4,9	6,4	3,9	7,3	4,5	3,8	3,7	3,4	3,8	3,8	3,7	3,5	3,3	3,2	3,2	3,3
Fibra bruta	3,5	4,5	4,9	4,6	3,4	5,1	4,5	5,2	3,5	3,7	4,1	3,9	3,8	4,0	4,0	3,7
Cenizas	6,5	6,0	5,5	5,7	3,8	4,7	4,5	5,4	3,3	4,0	3,7	3,6	3,8	4,4	3,9	3,7
UTI*	0,97	1,62	3,09	3,19	1,07	5,07	2,71	6,68	1,17	3,18	2,11	4,37	1,26	2,64	2,18	3,20
UQI*	1,94	3,16	4,95	5,56	2,11	8,70	4,32	7,71	1,29	4,37	2,97	5,98	1,56	3,85	2,48	4,32
UTI + UQI	2,91	4,78	8,04	8,75	3,18	13,77	7,03	14,39	2,46	7,55	5,08	10,35	2,82	6,49	4,66	7,52

\*UTI: unidades de tripsina inhibida/mg de pienso. \*\*UQI: unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso

### 3.4. Análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos según la variedad de guisante incluida en el pienso: CON) control soja, P-CAR) guisante Cartouche, P-ICE) guisante Iceberg, P-LUN) guisante Luna, con 12 réplicas por tratamiento y cuatro cerdos por réplica. Para los resultados productivos y características de la canal la unidad experimental fue la réplica, y para la grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos fue la canal. De 12 canales por tratamiento, elegidas al azar (una por réplica), se obtuvieron una muestra de lomo y otra de grasa subcutánea, a nivel de la última costilla (*longissimus thoracis*) y final del sacro (*semimembranosus*), respectivamente, con el fin de estudiar el efecto del tratamiento alimenticio sobre el porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de los ácidos grasos principales.

Los análisis estadísticos se efectuaron con los procedimientos GLM y REG del programa estadístico SAS (2004). El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Pienso}_i + \alpha P1 + \varepsilon_{ij}$$

donde,

Y: CMD, GMD, IC, PESO, UTI, UQI, porcentaje magro de canal, espesor de tocino dorsal, así como pesos y rendimientos de canal, jamón, paleta y chuletero en los datos obtenidos en el matadero, porcentaje de grasa intramuscular del lomo y proporción de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea;  $\mu$ : media general; pienso: CON, P-CAR, P-ICE y P-LUN;  $\alpha$ : coeficiente de regresión parcial entre peso inicial (P1) e Y; P1: covariable, peso al inicio del periodo experimental y  $\varepsilon$ : error residual.

El efecto del bloque (sala) se retiró del modelo al no ser significativo ( $P > 0,05$ ). Las medias se compararon y separaron mediante un *t*-test, siendo  $P < 0,05$  clasificado como la diferencia significativa y  $P < 0,10$ , tendencia. Los datos se presentan en tablas como medias corregidas por mínimos cuadrados. Se obtuvieron, igualmente, ecuaciones de regresión múltiple que relacionaron CMD, GMD e IC con la ingesta diaria de IT, IQ y su relación (IT/IQ) en las distintas fases del cebo.

La covariable P1 fue retirada del modelo estadístico para el estudio de las características de la canal. Un análisis estadístico adicional que consideró el peso final de los cerdos fue realizado, igualmente, para estudiar las características de la canal.

#### 4. RESULTADOS

En la Tabla 4 se observa que la ingesta de IP fue diferente en los cuatro piensos ( $P > 0,05$ ) y en cada fase, y siempre más elevada en los animales que consumieron los piensos con guisantes.

El mayor consumo correspondió siempre a los animales del tratamiento P-LUN, con el guisante que tenía más cantidad de IP a pesar de incluirse en porcentajes más bajos que CAR e ICE. Los cerdos del pienso P-ICE consumieron menos IP que los de P-LUN y P-CAR y, sin embargo, duplicaron la de los cerdos del CON.

Por fases, la ingestión más elevada se produjo durante el crecimiento, cuatro veces mayor en los cerdos de P-LUN en comparación con los que comieron CON. Las cantidades permanecieron estables en los que comieron piensos con guisantes en engorde y acabado, donde a pesar de que la inclusión de guisantes fue menor, al aumentar el consumo se compensó la ingesta tanto de IT como de IQ. Los cerdos que comieron el pienso CON fueron los únicos que aumentaron progresivamente la ingestión de IP hasta el final del ensayo.

Productivamente (Tabla 5) el IC durante la fase de estárter mejoró en los cerdos que comieron P-CAR y P-LUN, empeorando en los del pienso P-ICE y con resultados intermedios para los que comieron CON ( $P < 0,05$ ). No hubo diferencias para CMD ni GMD.

Durante el crecimiento, se produjo el mayor consumo de IP, al sustituir completamente la soja por los guisantes, que aumentaron su inclusión por encima del 50%. Los cerdos que comieron P-CAR y P-LUN tuvieron peor CMD, GMD e IC que P-ICE y CON ( $P < 0,05$ ). En la fase de engorde disminuyó el CMD entre los animales de P-CAR y P-LUN

en relación con los del pienso CON, sin variar significativamente la GMD ni el IC entre los animales de los distintos piensos.

**Tabla 4.** Consumo medio diario de inhibidores (IT, IQ) según piensos y fases productivas.

VARIABLES <sup>4</sup>	Pienso <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN		
Estárter: 61-83 días de edad						
UTI	1,432 <sup>d</sup>	2,257 <sup>c</sup>	4,217 <sup>b</sup>	4,484 <sup>a</sup>	0,103	0,0001
UQI	2,865 <sup>d</sup>	4,403 <sup>c</sup>	6,760 <sup>b</sup>	7,815 <sup>a</sup>	0,176	0,0001
UTI + UQI	4,297 <sup>d</sup>	6,660 <sup>c</sup>	10,977 <sup>b</sup>	12,299 <sup>a</sup>	0,279	0,0001
Crecimiento: 84-108 días de edad						
UTI	2,228 <sup>d</sup>	9,599 <sup>b</sup>	5,571 <sup>c</sup>	13,041 <sup>a</sup>	0,232	0,0001
UQI	4,393 <sup>d</sup>	16,605 <sup>a</sup>	8,888 <sup>c</sup>	15,046 <sup>b</sup>	0,317	0,0001
UTI + UQI	6,621 <sup>d</sup>	26,205 <sup>b</sup>	14,459 <sup>c</sup>	28,088 <sup>a</sup>	0,546	0,0001
Engorde: 109-127 días de edad						
UTI	3,419 <sup>d</sup>	8,681 <sup>b</sup>	5,892 <sup>c</sup>	11,502 <sup>a</sup>	0,214	0,0001
UQI	3,768 <sup>d</sup>	11,929 <sup>b</sup>	8,289 <sup>c</sup>	15,741 <sup>a</sup>	0,293	0,0001
UTI + UQI	7,187 <sup>d</sup>	20,610 <sup>b</sup>	14,180 <sup>c</sup>	27,243 <sup>a</sup>	0,507	0,0001
Acabado: 128-167 días de edad						
UTI	4,411 <sup>d</sup>	8,774 <sup>b</sup>	7,434 <sup>c</sup>	10,702 <sup>a</sup>	0,207	0,0001
UQI	5,460 <sup>d</sup>	12,795 <sup>b</sup>	8,460 <sup>c</sup>	14,449 <sup>a</sup>	0,281	0,0001
UTI + UQI	9,871 <sup>d</sup>	21,569 <sup>b</sup>	15,894 <sup>c</sup>	25,152 <sup>a</sup>	0,488	0,0001

<sup>1</sup> CON: Control, P-CAR: Cartouche, P-ICE: Iceberg, P-LUN: Luna. <sup>2</sup> EEM: error estándar de la media (n=12). <sup>3</sup> P: significación estadística. <sup>4</sup> Unidades de tripsina (UTI) y de quimotripsina (UQI) inhibidas por mg de pienso diario; UTI + UQI: cantidad total de UTI y UQI por mg de pienso diario ( $\times 10^6$ ). Medias en la misma fila con distintos superíndices indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

En la fase de acabado no hubo diferencias en las variables productivas, y globalmente (61 a 167 días de edad) el CMD y la GMD fueron más elevados en los cerdos que comieron los piensos P-ICE y CON, empeorando, por igual, en los que comieron P-CAR y P-LUN; el IC fue el mismo para todos los tratamientos. El peso final (167 d de edad) fue

más alto en los cerdos de los piensos CON y P-ICE, empeorando en los que comieron P-CAR y P-LUN (Tabla 6).

**Tabla 5.** Influencia del pienso en el rendimiento productivo durante las distintas fases.

Variables <sup>2</sup>	Pienso <sup>1</sup>					P <sup>4</sup>
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	EEM <sup>3</sup>	
Estárter: 61-83 días de edad						
CMD kg	1,478	1,393	1,370	1,401	0,041	0,287
GMD kg	0,751	0,779	0,694	0,756	0,026	0,140
IC kg/kg	1,96 <sup>ab</sup>	1,78 <sup>c</sup>	1,99 <sup>a</sup>	1,86 <sup>bc</sup>	0,039	0,002
Crecimiento: 84-108 días de edad						
CMD kg	2,080 <sup>a</sup>	1,894 <sup>c</sup>	2,064 <sup>ab</sup>	1,945 <sup>bc</sup>	0,047	0,016
GMD kg	0,923 <sup>a</sup>	0,764 <sup>b</sup>	0,903 <sup>a</sup>	0,737 <sup>b</sup>	0,022	0,001
IC kg/kg	2,26 <sup>a</sup>	2,48 <sup>b</sup>	2,29 <sup>a</sup>	2,64 <sup>c</sup>	0,036	0,001
Engorde: 109-127 días de edad						
CMD kg	2,927 <sup>a</sup>	2,730 <sup>b</sup>	2,792 <sup>ab</sup>	2,625 <sup>b</sup>	0,062	0,012
GMD kg	1,087	1,026	1,020	0,995	0,025	0,074
IC kg/kg	2,70	2,66	2,74	2,63	0,041	0,284
Acabado: 128-167 días de edad						
CMD kg	3,501	3,324	3,417	3,336	0,076	0,331
GMD kg	1,135	1,089	1,139	1,086	0,027	0,344
IC kg/kg	3,10	3,08	3,01	3,08	0,059	0,721
Global: 61 a 167 días de edad						
CMD kg	2,589 <sup>a</sup>	2,422 <sup>b</sup>	2,501 <sup>ab</sup>	2,408 <sup>b</sup>	0,044	0,021
GMD kg	0,993 <sup>a</sup>	0,931 <sup>b</sup>	0,958 <sup>ab</sup>	0,910 <sup>b</sup>	0,017	0,008
IC kg/kg	2,61	2,60	2,61	2,64	0,028	0,738

<sup>1</sup> CON: Control, P-CAR: Cartouche, P-ICE: Iceberg, P-LUN: Luna. <sup>2</sup> CMD: consumo medio diario, GMD: ganancia media diaria, IC: índice de conversión. <sup>3</sup> EEM: error estándar de la media (n=12), <sup>4</sup> P: probabilidad estadística. Medias en la misma fila con distintos superíndices indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

No se observaron diferencias en el espesor del tocino dorsal y en el contenido magro, ni en los datos relacionados con peso y rendimiento de canal y piezas nobles



(Tablas 6 y 7), permaneciendo invariables los resultados al incluir el peso final como covariable ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 6.** Evolución del peso corporal (kg), porcentaje de magro y espesor del tocino dorsal según los piensos.

Variable	CON <sup>1</sup>	P-CAR <sup>1</sup>	P-ICE <sup>1</sup>	P-LUN <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
Peso 61 días	22,04	22,05	21,92	22,16	Cov	
Peso 83 días	37,82	38,41	36,63	37,93	0,543	0,140
Peso 98 días	50,74 <sup>a</sup>	48,98 <sup>ab</sup>	49,18 <sup>ab</sup>	47,44 <sup>b</sup>	0,683	0,014
Peso 108 días	60,90 <sup>a</sup>	57,52 <sup>bc</sup>	59,21 <sup>ab</sup>	56,37 <sup>c</sup>	0,917	0,006
Peso 127 días	82,26 <sup>a</sup>	76,72 <sup>b</sup>	78,25 <sup>b</sup>	75,20 <sup>b</sup>	1,262	0,002
Peso 139 días	94,59 <sup>a</sup>	89,35 <sup>b</sup>	90,82 <sup>ab</sup>	87,22 <sup>b</sup>	1,460	0,007
Peso 154 días	112,14 <sup>a</sup>	106,37 <sup>b</sup>	107,80 <sup>b</sup>	103,48 <sup>b</sup>	1,726	0,008
Peso 167 días	126,38 <sup>a</sup>	119,84 <sup>b</sup>	122,71 <sup>ab</sup>	117,63 <sup>b</sup>	1,795	0,008
Magro del animal % <sup>4</sup>	51,69	52,50	51,81	52,17	0,535	0,694
Espesor de tocino dorsal mm <sup>4</sup>	26,78	25,09	26,01	25,26	0,675	0,283

<sup>1</sup> CON: Control, P-CAR: Cartouche, P-ICE: Iceberg, P-LUN: Luna. <sup>2</sup> EEM: error estándar de la media (n=12), <sup>3</sup> P: probabilidad estadística. Medias en la misma fila con distintos superíndices indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). <sup>4</sup> Medido mediante ultrasonido a los 167 días de vida (Piglot 105).

**Tabla 7.** Efecto del pienso en las características de la canal y de las piezas nobles.

Variables kg	PIENSO <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN		
Peso de canal	96,89	93,00	93,66	90,81	1,664	0,093
Peso de jamón	12,87	12,44	12,47	12,17	0,194	0,100
Peso de paleta	7,29	6,98	7,03	6,81	0,130	0,093
Peso de chuletero	5,84	5,69	5,66	5,51	0,099	0,154
Canal %	77,10	76,98	76,62	77,01	0,267	0,590
Jamones %	26,60	26,82	26,68	26,85	0,085	0,138
Paletas %	15,04	15,02	15,02	15,00	0,014	0,205
Chuleteros %	12,05	12,28	12,11	12,15	0,097	0,384

<sup>1</sup> CON: Control, P-CAR: Cartouche, P-ICE: Iceberg, P-LUN: Luna. <sup>2</sup> EEM: error estándar de la media (n=12), <sup>3</sup> P: significación estadística.

Durante la fase de estárter las variables independientes IT, IQ e IT/IQ explicaron conjuntamente el 43 y 51% de la variabilidad de las variables CMD y GMD respectivamente. Así mismo, las variables precitadas explicaron conjuntamente el 39 y 49% de la variabilidad de GMD e IC, respectivamente (Tabla 8).

**Tabla 8.** Ecuaciones de regresión relacionando el rendimiento (CMD, GMC, IC) con el consumo medio diario de inhibidores de tripsina (IT) y quimotripsina (IQ) (unidades de inhibidor/mg de pienso diario x 10<sup>6</sup>) en las distintas fases de cebo.

Estárter: 61-83 días de edad *	R <sup>2</sup> <sup>1</sup>	DRS <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
CMD = 7,064 + (1,512 · IT) - (0,759 · IQ) - [11,197 · (IT/IQ)]	0,43	0,12	0,001
GMD = 3,459 + (0,627 · IT) - (0,296 · IQ) - [5,492 · (IT/IQ)]	0,51	0,06	0,001
IC = 1,652 + (0,178 · IT) - (0,130 · IQ) + [0,744 · (IT/IQ)]	0,11	0,16	0,154
Crecimiento: 84-108 días de edad *			
CMD = 3,582+ (0,187 · IT) - (0,107 · IQ) - [2,805 · (IT/IQ)]	0,15	0,19	0,055
GMD = 1,448 + (0,047 · IT) - (0,035 · IQ) - [0,905 · (IT/IQ)]	0,39	0,08	0,001
IC = 2,493 + (0,084 · IT) - (0,026 · IQ) - [0,652 · (IT/IQ)]	0,49	0,16	0,001
Engorde: 109-127 días de edad *			
CMD = 0,922 - (0,259 · IT) + (0,194 · IQ) + [2,374 · (IT/IQ)]	0,14	0,23	0,080
GMD = -1,362 - (0,595 · IT) + (0,442 · IQ) + [3,105 · (IT/IQ)]	0,14	0,09	0,071
IC = 6,665 + (1,150 · IT) - (0,855 · IQ) - [5,149 · (IT/IQ)]	0,02	0,20	0,728
Acabado: 128-167 días de edad *			
CMD = -7,992 - (1,262 · IT) + (0,992 · IQ) + [14,195 · (IT/IQ)]	0,14	0,28	0,080
GMD = - 2,232 - (0,351 · IT) + (0,278 · IQ) + [4,150 · (IT/IQ)]	0,09	0,12	0,236
IC = 2,523 - (0,119 · IT) + (0,088 · IQ) + [0,741 · (IT/IQ)]	0,01	0,24	0,882

\* IT: UTI/mg de pienso diario. IQ: UQI/mg de pienso diario. CMD: kg de consumo medio diario; GMD: kg de ganancia media diaria; IC: kg/kg de índice de conversión. <sup>1</sup> R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación. <sup>2</sup> DRS: Desviación Residual Estándar. <sup>3</sup> P: nivel de significación global.

En la Tabla 9 reflejamos los resultados de porcentaje de grasa intramuscular del músculo *Longissimus thoracis* y de las proporciones de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea del músculo *semimembranosus*, según los tratamientos alimenticios. Como puede observarse el pienso no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de grasa

intramuscular del lomo y sobre las proporciones de los ácidos grasos C16:0, C18:0 y C18:1n-9, pero el tratamiento que incluía guisante Iceberg derivó en una menor proporción de C18:2n-6 respecto al CON y al P-LUN.

**Tabla 9.** Efecto del tratamiento alimenticio sobre el porcentaje de grasa intramuscular del lomo y proporción de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea.

Variables %	PIENSO <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN		
Grasa intramuscular	2,79	2,97	2,98	3,19	0,31	0,80
Ácido graso						
C16:0	22,90	22,81	23,30	22,73	0,21	0,23
C18:0	11,88	12,28	12,16	12,43	0,20	0,32
C18:1n-9	46,17	46,26	46,37	46,17	0,30	0,96
C18:2n-6	12,48 <sup>a</sup>	12,07 <sup>ab</sup>	11,50 <sup>b</sup>	12,18 <sup>a</sup>	0,22	0,03

<sup>1</sup> CON: Control, P-CAR: Cartouche, P-ICE: Iceberg, P-LUN: Luna. <sup>2</sup> EEM: error estándar de la media (n=12), <sup>3</sup> P: significación estadística. Medias con distintos superíndices indican diferencias significativas.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Rendimiento productivo. Calidad de canal y piezas nobles

La literatura expone resultados productivos muy dispares: Castell et al. (1996) limitan la incorporación de guisante en las dieta de engorde y acabado a 20 y 35%, Mathé et al. (2003) llegan al 39% (guisante con 2,47 UTI/mg), mientras Stein et al. (2004) indican un máximo del 36%. Con la información disponible es de suponer que se trata de guisantes con baja actividad IP y en todos los casos de primavera. Otros trabajos reemplazan completamente la soja por guisantes. Así, Gatel et al. (1989) obtuvieron el mismo rendimiento en cerdos alimentados con un pienso único durante la fase de cebo (28 a 101 kg) que tenía un 41% de guisante de primavera variedad Finale (2,76 UTI/mg) sin soja frente a un control de soja y trigo. Mientras, Stein et al. (2006) en cerdos de 22 a 123 kg no

observaron diferencias significativas en rendimiento productivo ni en calidad de la canal al suministrar durante las distintas fases de cebo 66, 48 y 36% de guisante primavera sin soja frente a una dieta con soja y cereal. Son situaciones similares a la nuestra, incluso eliminando la soja a edades más tempranas, pero con guisantes primavera y, suponemos, bajos en IT.

La utilización de distintas variedades en piensos de cebo quedan reflejadas en los estudios de Grosjean et al. (1989), que en un primer ensayo compararon 3 dietas: control con 21% de HnaS, 30% guisante de invierno Frisson (8,9 UTI/mg) + 7% HnaS y 30% de guisante primavera Finale (4,1 UTI/mg) + 6 HnaS. No hubo diferencias entre los cerdos (30 a 100 kg) que comieron los guisantes y el control, pero sí entre las dietas con los guisantes, con menor CMD y GMD de los animales alimentados con la dieta del guisante Frisson (2,290 vs 2,340 kg y 0,757 vs 0,794 kg, de CMD y GMD para Frisson y Finale, respectivamente;  $P < 0,05$ ). La actividad IT del pienso con Frisson fue de 2,7 y 1,3 UTI/mg para la dieta del guisante Finale. En un segundo ensayo con el mismo tipo de cerdos y 2,4 y 1,6 UTI/mg en el pienso con Frisson (27%) y Finale (27%) respectivamente, y 5,5% de HnaS en ambos, no hubo diferencias entre los cerdos alimentados con ambos tipos de guisantes ( $P > 0,05$ ). Son cantidades de IT en el pienso con la variedad Frisson similares a las de P-ICE, sin embargo no sustituyen por completo la soja, son dietas únicas y, prácticamente, con un mismo diseño, se obtienen diferentes resultados.

La edad de inicio del consumo de guisante parece influir en el rendimiento posterior, así Bengala-Freire, et al. (1989) en cerdos desde 27 a 102 kg vieron que un porcentaje de guisante superior al 30%, con 2,85 UTI/mg, disminuyó el CMD y la GMD. Por el contrario, Newmann et al (2011) reemplazaron la soja por derivados de guisante seco (“chips pea”): 45% a partir de los 57 kg y 30% desde 93 a 127 kg, sin diferencias significativas en relación con el control de soja y maíz. En cerdos pesados (40 a 158 kg) Prandini et al. (2011) sustituyeron la soja por guisante sin observar efectos negativos en rendimiento ni en calidad de la canal ( $P > 0,05$ ).

Nuestros resultados (Tablas 4 y 5) muestran que los cerdos se adaptan a consumos elevados de IP según aumenta la edad. Concretamente, en la fase de acabado no se presentaron diferencias productivas entre los animales de los cuatro tratamientos ( $P > 0,05$ ). En una experiencia parecida, Njoka (2008) enfrentó cuatro dietas durante la fase de acabado (80 a 123 kg), una control de soja con tres sin soja y que incorporaban un 30% de guisantes, cada una de un tipo: de invierno, de verano y de primavera. Sólo observó una tendencia ( $P < 0,10$ ) en el consumo, siendo mayor en los animales alimentados con las dietas invierno y verano que con las primavera y control: 4 y 3,8 vs 3,5 y 3,4 kg, respectivamente. En ensayos con la misma variedad del P-CAR (Cartouche con 9,87 UTI y 10,16 UQI), pero sin periodo de adaptación (estárter) y sustituyendo a la soja a partir de los 30 kg de peso hasta los 125 kg, de Mercado et al. (2013) y Gómez-Fernández et al. (2013) no obtuvieron diferencias al compararlo con un pienso control de soja, ni en producción ni en calidad de la canal.

En las experiencias anteriores, los guisantes, con la excepción de la variedades Frisson y Cartouche (invierno), y los piensos, tuvieron unos niveles de IT muy inferiores a los de nuestro ensayo. A pesar de ello hubo diferencias debidas a consumos menores. En nuestro caso, en la fase estárter (Tabla 5), y duplicando la cantidad de IP del CON, los animales que consumieron P-ICE, tuvieron el mismo resultado para CMD, GMD e IC. Es un resultado similar al de Batterham et al. (1993) que compararon una dieta sin guisante, con garbanzos (*Cicer arietinum*) y guandú (*Cajanus cajan*), frente a un control de soja, con cerdos desde 20 a 50 kg, sin encontrar diferencias productivas con cantidades de 4,7 UTI/mg y 4,5 UQI/mg en los piensos ( $P > 0,05$ ).

La posible reducción del CMD, que refieren diferentes autores, puede deberse a la presencia de IP o a otras causas. McLaughlin et al. (1983) lo relacionan con niveles elevados de IT que pueden activar la liberación de colecistoquinina (CCK) hormona relacionada con la saciedad; para Grosjean et al. (1997) los IT disminuirían la digestibilidad del triptófano, aminoácido con efecto sobre el apetito. Jaikaran et al. (2002), en un ensayo con guisantes de distinto color (amarillos y verdes) y cerdos de más de 25 kg, no

encontraron diferencias en CMD al compararlos con una dieta control de soja ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, la presencia de saponinas en los guisantes, que según la variedad y el tipo de saponina (B o DDMP) varía de 0 a 1,5 g/kg, podría reducir el consumo debido al sabor amargo (Heng et al., 2006), aunque Price et al. (1985) indican que el rechazo parcial de la dieta empezaría a partir de 2 g de saponina por kg de guisante. Incluso el tipo de almidón podría afectar la palatabilidad del pienso (Bengala-Freire et al., 1989).

Las diferencias de rendimiento en nuestros resultados se relacionaron directamente con un menor consumo de pienso, ligado a la edad de los cerdos y a la cantidad de IP que comieron, y no se manifestaron en el espesor de tocino dorsal, porcentaje de magro, ni en los datos de la canal o piezas nobles.

## 5.2. Grasa intramuscular del lomo y ácidos grasos de la grasa subcutánea

Como cabía esperar, debido a que el pienso control y los experimentales administrados durante las fases de engorde y acabado fueron isoenergéticos, isoprotéicos y tuvieron análogo tenor graso, el tratamiento alimenticio no tuvo influencia significativa sobre el porcentaje de grasa intramuscular (López-Bote y Rey, 2004). Así mismo, debido a que la composición calculada de los piensos de engorde y acabado en los principales ácidos grasos, y el consumo medio diario de pienso fueron similares según tratamiento, tampoco eran de esperar variaciones en el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea. La ligera mayor proporción de ácido linoleico (C18:2n-6) obtenida en los cerdos que consumieron el pienso CON (solo significativamente mayor que los cerdos que comieron el pienso P-ICE), puede explicarse por un contenido más elevado de ácido linoleico de este pienso durante las fases de engorde y acabado, y por un mayor consumo, aritméticamente superior, del pienso indicado.

Las diferencias observadas de ácido linoleico, entre los tratamientos en los que se substituyó soja y cebada por guisantes, no tienen una explicación coherente, salvo que sean

debidas a efectos individuales inherentes a los animales que fueron elegidos al azar para el posterior análisis de ácidos grasos.

## 6. CONCLUSIONES

La edad influye en la tolerancia a los niveles de IP derivados de un pienso con guisante, soportando cantidades que pueden triplicar las de un pienso control de soja.

A partir de la fase de crecimiento (84 días de edad) el consumo diario de hasta 6 UTI/mg y de 9 UQI/mg no supone mermas productivas, de canal o piezas nobles, ni del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.

El guisante de invierno de la variedad Iceberg puede sustituir a la soja como fuente proteica desde los 84 días de edad.

## 7. REFERENCIAS

- Adamidou, S., Nengas, I., Grigorakis, K., Nikolopoulou, D., Jauncey, K. 2011. Chemical Composition and Antinutritional Factors of Field Peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and Faba Beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry Journal* 88: 80-86.
- Batterham, E. S., Saini, H. S., Andersen, L. M., Baigent, R. D. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of Science Food and Agriculture* 61: 211–216.
- Bengala-Freire, J., Hulin, J. C., Peiniau, J., Aumaitre, A. 1989. Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage précoce du porcelet et conséquences sur les performances jusqu'à l'abattage. *Journées de la Recherche Porcine en France* 21: 75-82.

- Birk, Y. 1985. The Bowman-Birk inhibitor. Trypsin and chymotrypsin inhibitor from soybean. *International Journal of Peptide and Proteine Research* 25: 113-131.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917, 10.1139/o59-099.
- Boletín Oficial del Estado, 2013. Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. BOE 34: 11370-11421.
- Caminero, C. 2002. Adaptación a la siembra invernal y tolerancia al frío en guisante (*Pisum sativum* L.), Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Spain. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Ed).
- Carrouée, B., Grosjean, F., Peyronnet, C., Weiss, P. 1994. Guisantes, Utilización en Alimentación Animal. UNIP-ITCF, París. 96 pp.
- Castell, A. G., Guenter, W. 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Animal Feed Science and Technology* 60(3-4): 209-227.
- CESFAC, 2012. Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. Mercados y estadística.
- Champ, M. J. M. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition* 88(3): 307-319.
- Creveu-Gabriel, I. 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. *INRA, Production Animal* 12(2): 147-161.
- Davies, R. L. 1989. Advances in grain legume utilization for pig production. URI: <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19551>.
- de Mercado, E., Gómez-Fernández, J., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Evolución del crecimiento, calidad de la canal y de piezas nobles en cerdos grasos alimentados con guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuente proteica. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza. 1: 171-173.



- Diario Oficial de la Unión Europea, 2009. Reglamento (CE) nº 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. L 54/1–L 54/130.
- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G. G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.
- FEDNA, 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, J. Gasa, G. G. Mateos). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- FEFAC, 2011. Federation Europeenne des Fabricants d'Aliments Composes pour Animaux.
- Gatel, F., Grosjean, F., Castaing, J., 1989. Utilisation par le porc charcutier de régimes à teneur élevée en pois de printemps (plus de 40%). Journées de la Recherche Porcine en France 21: 69-74.
- Gómez-Fernández, J., de Mercado, E., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Empleo de guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuentes proteicas en dietas para cerdos grasos. Rendimiento productivo. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza 1: 135-137.
- González-García, M, R., 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Grant, G., Dorward, P. M., Buchan, W. C., Armour, J. C., Pusztai, A. 1995. Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max* L.), kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpeas (*Vigna unguiculata* L.) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.) by rats for up to 700 days: Effects on body composition and organ weights. British Journal of Nutrition 73(1): 17-29.

- Griffiths, D. W. 1984. The trypsin and chymotrypsin inhibitor activities of various pea (*Pisum* spp.) and field bean (*Vicia faba*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 481–486.
- Grosjean, F., Bourdon, D., Theillaud-Ricca, V., Castaing, J., Beague, E. 1989. Comparaison des pois d'hiver et de printemps dans des aliments pour porcs charcutiers présentés en farine ou en granulés. *Journées de la Recherche Porcine en France* 21: 75-82.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Bogaert, C., Bourdillon, A., Peyronnet, C., le Guen, M. P., Williatte, I. 1997. Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40 % de pois. *Journées de la Recherche Porcine en France* 29: 197-204.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B., Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 643-652.
- Guillamón, E., Mateo-Vivaracho, L., Villares, A., D'Arrigo, M., Pedrosa, M. M., García-Lafuente, A., Muzquiz, M., 2012. Inhibidores de tripsina y de quimotripsina en semillas de leguminosas. IV Jornadas de la Asociación Española de leguminosas. Pontevedra, 6-7 Junio.
- Heng, L., Vincken, J. P., van Koningsveld, G. A., Legger, A., Gruppen, H., van Boekel, M. A. J. S., Roozen, J., Voragen, A. G. J. 2006. Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(8): 1225-1231. ISSN 0022-5142.
- Jaikaran, S., Colangelo, M., William, C. 2002. Growth and feed intake of growing pigs fed diets containing three varieties of field peas. *Advances in pork production* 13, 25.
- Jones, B. N., Päävo, S., Stein, S. 1981. Amino acids analysis and enzymatic sequence determination of peptides by an improved o-phthaldialdehyde precolumn labeling rocedure. *Journal of Liquid Chromatography* 4: 565-586.
- Kakade, M. L., Racki, J. J., McGhee, J. E., Puski, G. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry Journal* 51: 376-382.

- Leterme, P., Beckers, Y., Thewis, A. 1990. Trypsin inhibitors in peas: Varietal effect and influence on digestibility of crude protein by growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 29(1–2): 45–55.
- López-Bote, C. J., Rey, A. I. 2004. Efecto de la alimentación en las características del magro. *Porci* 84: 60-77.
- Marlier, L., Focant, M., Allart, B., Vanbelle, M. 1989. Effects du floconage et de l'extrusion sur le valeur alimentaire du pois protéagineux, pour le porc charcutiere. *Annales de Zootechnie* 38: 237-245.
- Marmer, W. N., Maxwell, R. J. 1981. Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. *Lipids* 16(5): 365-71.
- Mateos, G. G., Valencia, D. G., Serrano, M. P., Lázaro, R. 2008. Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Valladolid.
- Mathé, D., Monéger, R., Guillou, D., 2003. Effet du pois protéagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. *Journées de la Recherche Porcine en France* 35: 127-132.
- McLaughlin, C. L., Peikin, S. R., Baile, C. A. 1983. Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in Zucker rats. *Physiology and Behavior* 4: 487-91
- Moore, S. 1963. On determination of cystine as cisteic acid. *Journal of Biological Chemistry* 238: 235-237.
- Mosenthin, R., Jezierny, D. 2010. Nutritional significance of secondary plant metabolites in pigs and poultry. 19 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals Murska Sobota (Slovenia). 11-12 Nov 2010.- 978-961-90951-6-4.- p. 227-236.
- Muel, F., Carrouée, B., Grosjean, F. 1998. Trypsin inhibitor activity of pea cultivars: new data and a proposal strategy for breeding programme. 3<sup>rd</sup> European Conference on Grain Legume. Valladolid. Workshop 2. 164-164.

- Muzquiz, M. 2012. Componentes nutricionalmente activos en leguminosas: implicaciones en nutrición y salud. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Pontevedra, 6 y 7 de junio, 2012.
- Muzquiz, M., Hill, G. D., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Burbano, C. 2004. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. EAAP publication. Wageningen, The Netherlands.
- Newman, D. J., Harris, E. K., Lepper, A. N., Berg, E. P., Stein, H. H. 2011. Effects of pea chips on pig performance, carcass quality and composition, and palatability of pork. *Journal of Animal Science* 89: 3132-3139.
- Ney, B., Duc, G. 1997. The main constraints to overcome in the plant development for the winter type varieties. *Grain legumes* 16: 14-15.
- Njoka, J. G. 2008. Effects of feeding Iowa-grown field peas on finishing pig performance. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11367.
- Pisulewska, E., Pisulewski, P. M. 2000. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. *Animal Feed Science and Technology* 86: 261-265.
- Prandini, A., Sigolo, S., Morlacchini, M., Cerioli, C., Masoero, F. 2011. Pea (*Pisum sativum*) and faba bean (*Vicia sativa* L) seeds as protein sources in growing-finishing heavy pig diets: effect on growth performance, carcass characteristics and on fresh and seasoned Parma ham quality. *Italian Journal of Animal Science* 10: e45.
- Price, K. R., Griffiths, N. M., Curl, C. L., Fenwick, G. R. 1985. Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponina. *Food Chemistry* 17: 105-115.
- Sandler, S. R., Karo, W. 1992. Sourcebook of advanced organic laboratory preparations. Published by San Diego u. a., Academic Press. ISBN 10: 0126185069 ISBN/13: 9780126185065.
- SAS, 2004. User's Guide. SAS Institute. Cary, NC.

- Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. 1981. Studies on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities, hemagglutinating activity, and sugars in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Food Science 46: 626-629.
- Stein, H. H., Benzoni, G., Bohlke, R. A., Peters, D. N. 2004. Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. Journal of Animal Science 82(9): 2568-2578.
- Stein, H. H., Everts, A. K. R., Sweeter, K. K., Peters, D. N., Maddock, R. J., Wulf, D. M., Pedersen, C. 2006. The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. Journal of Animal Science 84: 31.
- USDA, 2014. United States Department of Agriculture. World Agricultural Supply and Demand Estimates 2012-2013.
- Van Amerongen, A., Ostafe, V., Meijer, M. M. T., Gruppen, H., Meerdink, G., Bedrendsen, L. B. J. M., Koets, M., Wichers, J. H. 1998. Specific-immuno-(chymo) trypsin-inhibitor-assays for determination of (residual) activity of Browman-Birk or Kunitz soybean trypsin inhibitors. En: Jansmann A. J. M., Hill, G. D., Huisman, J., Van der Poel, A. F. B. (eds). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed. EAAP publication n° 93 Wageningen, The Netherlands. Pp. 33-37.
- Vidal-Valverde, C., Frías, J., Hernández, A., Martín-Álvarez., P. J., Sierra, I., Rodríguez, C., Blázquez, I., Vicente, G. 2003. Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 298–306.



## **CAPÍTULO 4**

### **GROWTH PERFORMANCE AND CARCASS QUALITY OF PIGS GIVEN INCREASING DIETARY LEVELS OF NARBON VETCH (*Vicia narbonensis*)**

Enviado a la revista Spanish Journal of Agricultural Research





## 1. ABSTRACT

A trial was conducted to evaluate the effect of diets with different levels of narbon vetch (NV) and its antinutritive factor the dipeptide  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC) on the production performance and carcass quality of heavy pigs. Were used hundred ninety-two barrows, Duroc hybrid x (Large White x Landrace), with 20.9 kg of body weight (BW) and 60 days of age. The design was randomized with complete block, four treatments according to the percentage of NV inclusion in the feed: 0%, 5%, 15% and 25%, with 12 replicates per treatment and four pigs in each one. Treatment with 5% improved BW at the end of experiment (171 days of age) and, together with 0%, showed the best results of average daily gain and feed conversion ratio ( $P < 0.05$ ). Similarly, the weight and carcass yield and main lean cuts weight (ham, shoulder and loin chops) were higher in the pigs fed with treatments 0% and 5% ( $P < 0.05$ ). Diets with 15 and 25% of NV worsened productive results, carcass performance and the weight of main lean cuts ( $p < 0.05$ ). Moreover, were obtained polynomial regression equations to estimate the amounts of NV (%) and GEC (g) more favorable from the point of view of production, as well as orthogonal contrasts between treatments. It was concluded that NV containing 1.52% of GEC can be included up to 15% in the feed of heavy pigs to 82 days old, and that amounts of 5% maintain or improve performance, the carcass quality and weight of main lean cuts. However, higher percentage of NV in the feed worsens the productive results and carcass quality.

Additional keywords: legumes, biologically active factors, feed of heavy pigs.

## 2. INTRODUCTION

The EU-27 has a great external dependency on protein sources for the fabrication of feedstuffs. This situation is especially difficult for Spain which in the last years has imported  $5 \cdot 10^6$  t of soybean seed and meal to be included finally in  $20 \cdot 10^6$  t of feeds (CESFAC, 2012;

MAGRAMA, 2013). As a consequence, alternative protein sources are being used successfully but not as a total substitute of soybean, i.e. peas (*Pisum sativum*) or the species *Lathyrus* and *Vicia* (García et al., 2006; Mateos et al., 2008). In this line, the narbon vetch (*Vicia narbonensis*) (NV) is other kind of grain legume whose cultivation is characterised by a high resistance to adverse climate, soil and plague conditions (Arias et al., 2004), and a yield of close to 5.000 kg/ha (Franco-Jubete, 1996). The NV has high contents of crude protein and sulfured amino acids (AA) but also of  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine, dipeptide (GEC) which is a thermal resistant anti-nutritive factor (ANF) (Berger et al., 2003). The GEC content limits the use of NV in animal feeding because provides sulphured taste. In this sense, the scarce information about NV shows that levels of inclusion above 20% in diets reduced feed intake in 20 kg-pigs (Enneking, 1995b).

The information found in the literature about the use of NV in animal husbandry is focused in the avian sector. Mateo-Box (1961) did not recommend the inclusion of NV in poultry because of the unpleasant taste, and as result lower feed intake. Later, Eason et al. (1990) observed this decrease in the feed intake when the level of dietary inclusion was at least 10%. In addition, Wali et al. (2005) including increasing levels of NV in broiler diets during six weeks observed that the body weight (BW) gain decreased with an inclusion level of 20%, and injures in kidneys and hemolysis were recorded when the inclusion level was 30%. In some fish species (*Oreochromis niloticus*) also decreased feed intake (Buyukcapar et al., 2010) with an inclusion more than 20% of NV in diet. Davies (1989) found that levels over 35% of NV reduced significantly feed consumption, and consequently the maintaining needs of animals are not covered, appearing anomalies related to the lack of feed intake. However, it seems that the impact of NV on animal performances depends on the GEC content, which is different in function of the NV variety (Enneking et al., 1998; Francis et al., 1999; Berger et al., 2003; Arias-Royo et al., 2006).

In this context, an experiment was carried out with increasing levels of NV in diets of pigs from 20 to 130 kg of BW to evaluate its effect on growth performance and carcass characteristics.

### 3. MATERIAL AND METHODS

#### 3.1. Experimental animals

All procedures using animals were carried out according to the Boletín Oficial del Estado (2013), which meets the European Union Directive 86/609 on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes.

A total of 192 Duroc hybrid x (Landrace x Large White) barrows of  $20.9 \pm 1.39$  kg of BW (60 days of age) were used for the trial. Piglets were moved from a commercial farm (COPISO, San Pedro Manrique, Soria, Spain) to the experimental facilities (Centro de Pruebas de Porcino, ITACyL, Hontalbilla, Segovia, Spain). Pigs were castrated with  $5 \pm 3$  days of age. Upon arrival, animals were ear-tagged and allocated in four controlled environment rooms, with 12 pens per room and four pigs each taking into account the initial BW. The environmental conditions were according to the pig needs (average temperature and relative humidity were  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $55 \pm 2\%$ , respectively). Boxes provided  $1.40 \text{ m}^2$  per pig with one feeder and one nipple drinker. Pigs had free access to pelleted feed (4 mm) and water through the experimental periods.

#### 3.2. Experimental diets

There were four experimental diets with different levels of NV (5, 15 and 25%) and a control diet (0% NV), which contained soybean meal (SBM) and soybean extruded (SBE) as main protein sources. The NV variety used in the trial was ZV-220 which is interesting in a region of Spain (Castilla y León), from an agronomical point of view due to the notable economic yield and the good adaptation to the environmental conditions (Franco-Jubete, 1996), and also by the low GEC content in comparison to other varieties.

All diets were formulated to meet or exceed the levels recommended by Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2006) for pigs of this BW. The

analyzed chemical composition of NV used in the feeds is shown in Table 1. The ingredients and nutrient content of diets are presented in Table 2.

The chemical composition of the diets and NV was determined according to procedures of Diario Oficial de la Unión Europea (2009) in the laboratory of I+D Agroalimentario of ITACYL (finca Zamadueñas, Carretera de Burgos, km. 119, Valladolid, Spain), and the Departamento de Tecnología de los Alimentos, Sección de Tecnología Vegetal, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Carretera de la Coruña, km 7.5 - 28040 Madrid, Spain).

The GEC was assessed following the procedure of Sánchez-Vioque et al. (2011). Ground seeds (500 mg) were extracted twice by stirring in 5mL of ethanol/water (70/30, v/v) for 1 h. Supernatants resulting from centrifugation of the extracts at 5000 rpm for 30 min were taken to a volume of 10mL (Arias et al., 2004). The determination was performed by high performance liquid chromatography (HPLC). The HPLC system (Beckman-Coulter, Brea, CA, USA) consisted of a 126 solvent module, 166 detector and IBM personal computer. Data acquisition and processing were effected with a 32 Karat 7.0 version software (Beckman-Coulter, Brea, CA, USA). Extracts (20  $\mu$ L) were directly injected in a Discovery BIO Wide Pore C18 (25 cm  $\times$  4.6 mm, 5  $\mu$ m) column (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Elution was performed at 1mL min<sup>-1</sup> and at room temperature using trifluoroacetic acid in water (1 mL L<sup>-1</sup>)/trifluoroacetic acid in acetonitrile (1 mL L<sup>-1</sup>) 90/10 (v/v). Elution was monitored by ultraviolet absorption at 215 nm. Calibration was carried out by injecting 2.5–20  $\mu$ g GEC standard.

The concentrations of AA in NV were determined by ionexchange chromatography (Hewlett-Packard 1100, Waldbronn, Germany) after acid hydrolysis, following the procedure described by Jones et al. (1981). Samples of NV and diets were prepared by hydrolysis with HCl 6 N for 22 h at 110°C under reflux conditions. Nitrogen was bubbled through the mixture during the hydrolysis period. A large acid/sample ratio (400 mL 200 mg<sup>-1</sup>, vol wt<sup>-1</sup>) was used to reduce AA losses in the presence of carbohydrates. Protein hydrolysates and AA calibration mixture were derivatized with o-phthalaldehyde. For determination of methionine and cysteine concentration, separate samples were oxidized with performic acid before

hydrolysis and measured as metionine sulfone and cysteic acid, respectively (Moore, 1963).

Tryptophan content was determined after alkaline hydrolysis for 20 h at 110°C.

**Table 1.** Chemical composition of the narbon vetch used in the trial (% , as-fed basis unless otherwise indicated).

Nutrient	%
Moisture	11.6
Ash	3.49
Crude protein	26.5
Crude fibre	8.2
Starch	32.2
Amylose <sup>1</sup>	25.6
Amylopectine <sup>1</sup>	74.4
Ether extract	1.55
Lysine	1.77
Metionine + cysteine	0.74
Threonine	0.97
Tryptophane	0.22
Isoleucine	1.06
Leucine	1.66
Valine	1.12
GEC <sup>2</sup>	1.52

<sup>1</sup> Proportion of starch. <sup>2</sup>  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine dipeptide.

**Table 2.** Chemical composition of experimental diets (% , as-fed basis unless otherwise indicated).

	Period (d of age)															
	Starter (60-82 d)				Growing (83-110 d)				Fattening (111-152 d)				Finishing (153-171 d)			
Ingredients																
Soybean meal 47% CP	12.5	10.7	8.2	6.2	15.5	13.7	10.3	8.3	10.9	9.2	5.7	2.3	8.7	6.9	3.3	0.2
Narbon vetch	-	5.0	15.0	25.0	-	5.0	15.0	25.0	-	5.0	15.0	25.0	-	5.0	15.0	25.0
Barley	45.9	43.0	35.9	28.2	52.6	49.7	43.4	35.6	57.8	54.7	48.6	42.3	60.6	57.6	51.6	44.8
Wheat	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Extruded fullfat soybean	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Animal fat	3.2	3.1	3.1	3.2	3.8	3.8	3.7	3.8	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1
Premix <sup>1</sup>	5.0	5.0	5.0	5.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Dicalcium phosphate	1.63	1.60	1.52	1.44	0.46	0.43	0.37	0.29	0.35	0.32	0.26	0.19	0.21	0.18	0.12	0.05
Calcium carbonate	0.62	0.64	0.68	0.72	1.21	1.23	1.27	1.31	1.18	1.20	1.24	1.27	1.15	1.17	1.20	1.24
Sodium chloride	0.20	0.20	0.20	0.20	0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44
L-Lysine 50%	0.68	0.55	0.25	-	0.60	0.47	0.21	-	0.52	0.40	0.14	-	0.41	0.28	0.04	-
Analysed composition																
Moisture	9.98	10.21	10.3	10.35	8.55	8.96	9.06	9.12	8.93	9.19	8.67	9.26	9.13	9.93	9.52	9.43
Ash	6.5	5.5	5.4	5.8	4.23	4.74	5.26	4.51	3.59	3.69	4.37	3.67	4.21	3.67	3.78	3.60
Crude protein (CP)	18.9	18.12	18	18.32	14.80	14.86	14.79	14.95	14.53	14.30	14.42	14.16	13.00	12.82	12.94	12.82
Ether extract	5.3	5.2	5.5	5.2	4.80	5.20	4.15	5.00	4.43	4.79	4.67	4.29	4.83	4.58	4.68	4.62
Calculated composition <sup>2</sup>																
Net energy (MJ/kg)	2.451	2.448	2.448	2.452	2.448	2.450	2.447	2.451	2.451	2.448	2.451	2.449	2.447	2.449	2.448	2.450
Crude fiber	3.73	4.10	4.83	5.54	3.76	4.12	4.85	5.56	3.81	4.18	4.91	5.63	3.86	4.22	4.95	5.66
Total lysine	1.25	1.25	1.25	1.29	1.00	1.00	1.00	1.06	0.85	0.85	0.85	0.91	0.74	0.74	0.74	0.86

<sup>1</sup> 5.0 containing (per kg of product): 310 g soybean protein concentrate 62% CP, 300 g corn gluten 60% CP, 130 g corn and wheat protein, 80 g vitamins and minerals, 50 g soybean meal 47% CP; 50 g hydrolyzed swine protein, 40 g potato protein, 5 g soybean oil and 35 g amino acids. 0.2: vitamin and mineral composition was (per kg of diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D<sub>3</sub>, 20 mg vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol), 125 mg Cu (copper sulphate) and 80 mg Zn (zinc oxide).

<sup>2</sup> According to FEDNA (2010).

### 3.3. Performance controls

Individual BW and feed consumption per pen were recorded at the beginning and every two weeks carrying out always a control at the moment of feed change: end of starter, growing, fattening and finishing periods, which correspond to 60-82, 83-110, 111-152 and 171 days of age, using a bascule model S-4C (Sipesa, Girona, Spain). Those data were used to calculate the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR) for each replicate. Possible pathological incidences or deaths were daily controlled.

Prior to departure to slaughterhouse the animals were individually identified to avoid problems in the traceability of carcasses. Were slaughtered in a commercial abattoir (Incarlopsa, Cuenca, Spain), where they were kept in lairage for 8 h with full access to water but not to feed. Pigs were stunned in chamber carbon dioxide with a minimum concentration of 80% for 45", exsanguinated, skinned, eviscerated, and split down the midline according to standard commercial procedures. Hot carcass weight was individually recorded and used to calculate yield percentage.

After 24 hours, specialized slaughterhouse staff performed cold cutting of animals, obtaining the main lean cuts (ham, loin chop and shoulder) and then arranging them according to business requirements, partially removing the skin and fat cover. Then the pieces were weighed to obtain the yield of each of them in relation to the carcass.

### 3.4. Statistical analysis

Data were analyzed as a randomized block (room) design using the SAS (2004) statistical package. The model was:  $Y_{ij} = \mu + \text{Diet}_i + \alpha \text{covariate} + \varepsilon_{ij}$ , where: Y: dependent variables (ADG, ADFI, FCR, BW, carcass weight and yield, ham, shoulder and chop loin weight and yield);  $\mu$ : population mean; diet: dietary level of NV (0, 5, 15 and 25%);  $\alpha$ : partial regression coefficient between the covariate and dependent variables; covariate: initial BW for statistical analysis of growth performance traits or carcass weight for statistical analysis of

carcass traits;  $\varepsilon$ : residual error.

The room was initially included in the model as block but after it was removed due to lack of significant effect. Each room included three replicates per treatment.

Those variables expressed as percentages which did not adjusted to a normal distribution were transformed by the equation  $\arcsin (x \cdot 100^{-1})^{0.5}$ .

The *t*-test was utilized to compare means when the F value was significant. In addition, orthogonal contrasts were estimated by assessing the presence of NV and the amount included in the feed, and were determined equations of polynomial regression, relating the dependent variables (ADG, ADFI, FCR, final BW) and independent variables (percentage of NV in diet and the average daily intake estimated for GEC).

Each treatment was replicated 12 times being the pen with four pigs considered as the replicate. Alpha level for determination of significance was 0.05 and alpha values between 0.05 and 0.10 were considered as a trend. Results are shown in tables as LSmeans.

#### 4. RESULTS

The percentage of crude protein in NV variety used in our experiment was similar to that observed by Wali et al. (2005) (26.48%), and is within the range of values (21-30%) observed by other authors (Francis et al., 1999; Hadjipanayiotou and Economides, 2001; Brand et al., 2004; Kökten et al., 2010). However, the values of Lysine detected not reached 2% obtained by Hadjipanayiotou and Economides (2001) in other NV varieties. Were analyzed the amount of GEC of three varieties of narbon vetch (NV: ZV-220, ZV-274 and IC-2470; GEC%: 1.52, 1.61 and 1.65, respectively) and selecting for testing the variety which had fewer GEC: ZV-220.



#### 4.1. Growth performances

During the starter period, pigs fed the diet including 5% NV had the best performances, with the highest ADFI and ADG, and pigs fed the diet including 25% NV had the worst results, with the highest FCR ( $P < 0.001$ ) (Table 3). The differences generated by the diet with 5% NV were disappearing slowly in posterior phases (growing, fattening and finishing). In the overall period (from 60 to 171 days of age), the inclusion of 15 or 25% of NV in the diet decreased the ADFI and ADG, with worse FCR ( $P < 0.001$ ).

According to the results that are reflected in Table 3, including 15 or 25% NV in feed led to a reduction in ADG and worsening of FCR in the overall period covered bait between 60 and 171 days of age. However, when the control diet and the diet with 5% of NV were compared, no significant differences in ADFI, ADG and FCR during the same period were observed. As shown in Table 3 at the different stages of development considered: 60-82, 83-110, 111-152 and 153-171 days, feedstuff with 25% of NV reduced the ADFI and ADG in all the periods studied, and worsened significantly the FCR in the periods 60-82 and 111-152 days.

The weight of pigs at the end of each period of growth was significantly lower in the animals fed with 25% of NV. When comparing the control diet (0% NV) with the diet containing 15% no statistically significant differences were found in the variables ADFI, ADG and FCR for pigs between 60 and 82 days of age (21-38 kg BW). From 82 days of age, diet with 15% of NV adversely affected the productive results.

**Table 3.** Effects of increasing levels of narbon vetch on growth performance of pigs by periods.

Item <sup>1</sup>	Dietary narbon vetch				SEM <sup>2</sup>	<i>P</i> -value <sup>3</sup>
	0%	5%	15%	25%		
Starter (60-82 d of age)						covariate
BW at 60 d (kg)	20.9	20.9	20.8	20.8		covariate
BW at 82 d (kg)	37.2 <sup>b</sup>	39.3 <sup>a</sup>	37.3 <sup>b</sup>	32.6 <sup>c</sup>	0.527	0.0001
ADFI (kg)	1.347 <sup>b</sup>	1.493 <sup>a</sup>	1.378 <sup>b</sup>	1.166 <sup>c</sup>	0.030	0.0001
ADG (kg)	0.744 <sup>b</sup>	0.840 <sup>a</sup>	0.747 <sup>b</sup>	0.534 <sup>c</sup>	0.023	0.0001
FCR(kg/kg)	1.82 <sup>b</sup>	1.78 <sup>c</sup>	1.85 <sup>b</sup>	2.22 <sup>a</sup>	0.051	0.0001
Growing (83-110 d of age)						
BW at 110 d (kg)	59.3 <sup>b</sup>	62.5 <sup>a</sup>	58.4 <sup>b</sup>	49.0 <sup>c</sup>	1.097	0.0001
ADFI (kg)	1.789 <sup>b</sup>	1.979 <sup>a</sup>	1.801 <sup>b</sup>	1.438 <sup>c</sup>	0.049	0.0001
ADG (kg)	0.786 <sup>ab</sup>	0.828 <sup>a</sup>	0.751 <sup>b</sup>	0.586 <sup>c</sup>	0.024	0.0001
FCR(kg/kg)	2.28 <sup>b</sup>	2.39 <sup>ab</sup>	2.41 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	0.042	0.03
Fattening (111-152 d of age)						
BW at 152 d (kg)	100.6 <sup>b</sup>	105.8 <sup>a</sup>	92.9 <sup>c</sup>	77.1 <sup>d</sup>	1.719	0.0001
ADFI (kg)	2.605 <sup>ab</sup>	2.702 <sup>a</sup>	2.444 <sup>b</sup>	2.056 <sup>c</sup>	0.059	0.0001
ADG (kg)	0.983 <sup>a</sup>	1.029 <sup>a</sup>	0.824 <sup>b</sup>	0.669 <sup>c</sup>	0.022	0.0001
FCR(kg/kg)	2.65 <sup>c</sup>	2.62 <sup>c</sup>	2.97 <sup>b</sup>	3.07 <sup>a</sup>	0.033	0.0001
Finishing (153-171 d of age)						
BW at 171 d (kg)	123.3 <sup>a</sup>	127.6 <sup>a</sup>	112.4 <sup>b</sup>	93.5 <sup>c</sup>	2.178	0.0001
ADFI (kg)	3.636 <sup>a</sup>	3.669 <sup>a</sup>	3.210 <sup>b</sup>	2.762 <sup>c</sup>	0.107	0.0001
ADG (kg)	1.195 <sup>a</sup>	1.147 <sup>a</sup>	1.023 <sup>b</sup>	0.858 <sup>c</sup>	0.034	0.0001
FCR(kg/kg)	3.05	3.22	3.12	3.22	0.060	0.15
Overall (60-171 d of age)						
ADFI (kg)	2.347 <sup>ab</sup>	2.468 <sup>a</sup>	2.222 <sup>b</sup>	1.861 <sup>c</sup>	0.051	0.0001
ADG (kg)	0.931 <sup>a</sup>	0.970 <sup>a</sup>	0.832 <sup>b</sup>	0.660 <sup>c</sup>	0.019	0.0001
FCR (kg/kg)	2.52 <sup>c</sup>	2.54 <sup>c</sup>	2.67 <sup>b</sup>	2.82 <sup>a</sup>	0.016	0.0001

<sup>1</sup> BW: body weight; ADFI: average daily feed intake; ADG: average daily gain; FCR: feed conversion ratio. <sup>2</sup> SEM: standard error of the mean (n=12). <sup>3</sup> *P*: statistical probability. Within a row, means with different superscript letter differ ( $P < 0.05$ ).

The orthogonal contrasts (Table 4) for the overall period (60-171 days of age) detected significant differences ( $P < 0.01$ ) for ADFI, ADG and FCR variables when NV treatments were compared with the absence of NV in feed, and  $P < 0.001$  for the same variables when comparing treatments 5% *versus* 15 and 25% of NV, and 15% *versus* 25% of NV.

**Table 4.** Orthogonal contrasts of different treatments (0%, 5%, 15%, 25%) at the different stages.

Variable <sup>1</sup>	Contrasts ( <i>P</i> value) <sup>2</sup>		
	0% vs 5% 15% 25%	5% vs 15% 25%	15% vs 25%
Starter (60-82 days of age)			
ADFI	0.96	0.0001	0.0001
ADG	0.18	0.0001	0.0001
FCR	0.03	0.0002	0.0001
Growth (83-110 days of age)			
ADFI	0.39	0.0001	0.0001
ADG	0.03	0.0001	0.0001
FCR	0.007	0.43	0.40
Fattening (111-152 days of age)			
ADFI	0.005	0.0001	0.0001
ADG	0.0001	0.0001	0.0001
FCR	0.0001	0.0001	0.03
Finishing (153-171 days of age)			
ADFI	0.001	0.0001	0.052
ADG	0.0001	0.0001	0.016
FCR	0.056	0.56	0.26
Overall (60-171 days of age)			
ADFI	0.008	0.0001	0.0001
ADG	0.0001	0.0001	0.0001
FCR	0.0001	0.0001	0.0001
BW 60	Covariate		
BW 82	0.19	0.0001	0.0001
BW 110	0.04	0.0001	0.0001
BW 152	0.0001	0.0001	0.0001
BW 171	0.0001	0.0001	0.0001

<sup>1</sup> ADFI: kg average daily feed intake, ADG: kg of average daily gain, FCR: kg/kg of feed conversion ratio, BW: body weight at different days of age. <sup>2</sup> *P*: statistical probability.

The relationship between production variables in the different phases and proportion of narbon vetch (%) and daily intake of GEC (g) was adjusted to a cubical function. The variable narbon vetch (Table 5) explained between 50 and 75% of the variability of growth

performance (17 and 11% for FCR in growth and finishing periods, respectively). In the case of GEC (Table 6) explained between 23 and 73% of the variability of growth performance (14% for FCR in finishing period). In the overall period (Table 7), the daily average consumption of NV (%) explained 59, 75, 78 and 73% of the variability of ADFI, ADG, FCR and BW respectively, while the daily average consumption of GEC (g) explained 41, 58, 74 and 53% of variability of the same variables.

In all cases, the equations were polynomial and provided interesting information under the point of view of the formulation of pig diets.

**Table 5.** Regression equations between performance (ADFI, ADG, FCR) and average daily intake (0-25%) of narbon vetch (NV).

Regression equations <sup>1</sup>	R <sup>2</sup> <sup>2</sup>	RSD <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>
0-1: 60-82 days of age			
ADFI0-1=1.347+(0.049·NV)-(0.0044·NV <sup>2</sup> )+(0.000089·NV <sup>3</sup> )	0.57	0.106	0.0001
ADG0-1=0.744+(0.032·NV)-(0.0029·NV <sup>2</sup> )+(0.000051·NV <sup>3</sup> )	0.67	0.081	0.0001
FCR0-1=1.82-(0.011·NV)+(0.00063·NV <sup>2</sup> )+(0.000018·NV <sup>3</sup> )	0.51	0.177	0.0001
1-2: 83-110 days of age			
ADFI1-2=1.789+(0.065·NV)-(0.006·NV <sup>2</sup> )+(0.00011·NV <sup>3</sup> )	0.54	0.188	0.0001
ADG1-2=0.786+(0.015·NV)-(0.0015·NV <sup>2</sup> )+(0.000025·NV <sup>3</sup> )	0.55	0.086	0.0001
FCR1-2=2.28+(0.033·NV)-(0.0026·NV <sup>2</sup> )+(0.000062·NV <sup>3</sup> )	0.17	0.149	0.042
2-5: 111-152 days of age			
ADFI2-5=2.604+(0.043·NV)-(0.0051·NV <sup>2</sup> )+(0.0001·NV <sup>3</sup> )	0.54	0.239	0.0001
ADG2-5=0.983+(0.026·NV)-(0.0037·NV <sup>2</sup> )+(0.000089·NV <sup>3</sup> )	0.75	0.084	0.0001
FCR2-5=2.65-(0.029·NV)+(0.0056·NV <sup>2</sup> )-(0.00015·NV <sup>3</sup> )	0.73	0.122	0.0001
5-6: 153-171 days of age			
ADFI5-6=3.635+(0.033·NV)-(0.0061·NV <sup>2</sup> )+(0.000138·NV <sup>3</sup> )	0.50	0.379	0.0001
ADG5-6=1.195-(0.009·NV)-(0.0001·NV <sup>2</sup> )-(0.0000017·NV <sup>3</sup> )	0.55	0.121	0.0001
FCR5-6=3.05+(0.057·NV)-(0.0057·NV <sup>2</sup> )+(0.000147·NV <sup>3</sup> )	0.11	0.203	0.145
Body weight at different days of age			
BW 82=37.239+(0.733·NV)-(0.066·NV <sup>2</sup> )+(0.00118·NV <sup>3</sup> )	0.57	2.259	0.0001
BW 110=59.29+(1.157·NV)-(0.109·NV <sup>2</sup> )+(0.0018·NV <sup>3</sup> )	0.61	4.194	0.0001
BW 152=100.59+(2.247·NV)-(0.268·NV <sup>2</sup> )+(0.0056·NV <sup>3</sup> )	0.74	6.769	0.0001
BW 171=123.30+(2.076·NV)-(0.27·NV <sup>2</sup> )+(0.0056·NV <sup>3</sup> )	0.73	8.419	0.0001

<sup>1</sup> ADFI: kg average daily feed intake, ADG: kg of average daily gain, FCR: kg/kg of feed conversion ratio; <sup>2</sup> R<sup>2</sup>: Coefficient of determination. <sup>3</sup> RSD: Residual standard deviation. <sup>4</sup> P: statistical probability.

**Table 6.** Regression equations between performance (ADFI, ADG, FCR) and average daily intake (0-12 g/day) of  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC).

Regression equations <sup>a</sup>	R <sup>2</sup> <sup>b</sup>	RSD <sup>c</sup>	$p^d$
0-1: 60-82 days of age			
ADFI0-1=1.339+(297.89·GEC)-(155244·GEC <sup>2</sup> )+(18393943·GEC <sup>3</sup> )	0.43	0.122	0.0001
ADG0-1=0.737+(216.90·GEC)-(114766·GEC <sup>2</sup> )+(12989708·GEC <sup>3</sup> )	0.51	0.099	0.0001
FCR0-1=1.83-(194.93·GEC)+(112157·GEC <sup>2</sup> )-(11808685·GEC <sup>3</sup> )	0.38	0.199	0.0001
1-2: 83-110 days of age			
ADFI1-2=1.783+(305.95·GEC)-(136479·GEC <sup>2</sup> )+(13190245·GEC <sup>3</sup> )	0.36	0.223	0.0001
ADG1-2=0.785+(78.55·GEC)-(40503·GEC <sup>2</sup> )+(3855016·GEC <sup>3</sup> )	0.33	0.105	0.0001
FCR1-2=2.28+(144.51·GEC)-(47636·GEC <sup>2</sup> )+(4827368·GEC <sup>3</sup> )	0.23	0.143	0.0077
2-5: 111-152 days of age			
ADFI2-5=2.600+(163.12·GEC)-(67133·GEC <sup>2</sup> )+(5023590·GEC <sup>3</sup> )	0.36	0.281	0.0001
ADG2-5=0.983+(82.59·GEC)-(36939·GEC <sup>2</sup> )+(2776418·GEC <sup>3</sup> )	0.63	0.103	0.0001
FCR2-5=2.65-(80.01·GEC)+(42260·GEC <sup>2</sup> )-(3162083·GEC <sup>3</sup> )	0.73	0.121	0.0001
5-6: 153-171 days of age			
ADFI5-6=3.643+(57.89·GEC)-(35076·GEC <sup>2</sup> )+(2203768·GEC <sup>3</sup> )	0.34	0.438	0.0001
ADG5-6=1.192-(9.85·GEC)-(5286·GEC <sup>2</sup> )+(351772·GEC <sup>3</sup> )	0.40	0.140	0.0001
FCR5-6=3.06+(78.11·GEC)-(17944·GEC <sup>2</sup> )+(1128330·GEC <sup>3</sup> )	0.14	0.199	0.071
Body weight at different days of age			
BW 82=37.05+(5293.75·GEC)-(2911031·GEC <sup>2</sup> )+(347710540·GEC <sup>3</sup> )	0.44	2.571	0.0001
BW 110=59.29+(5152.25·GEC)-(2390779·GEC <sup>2</sup> )+(217472377·GEC <sup>3</sup> )	0.37	5.351	0.0001
BW 152=100.60+(7129.06·GEC)-(2765387·GEC <sup>2</sup> )+(195361362·GEC <sup>3</sup> )	0.55	8.836	0.0001
BW 171=123.34+(4819.81·GEC)-(1602015·GEC <sup>2</sup> )+(87095121·GEC <sup>3</sup> )	0.53	11.098	0.0001

<sup>1</sup> ADFI: kg average daily feed intake, ADG: kg of average daily gain, FCR: kg/kg of feed conversion ratio; <sup>2</sup> R<sup>2</sup>: Coefficient of determination. <sup>3</sup> RSD: Residual standard deviation. <sup>4</sup> P: statistical probability.

**Table 7.** Overall period. Relationships between growth performance variables and average daily intake of narbon vetch (NV, %) or average daily intake (0-12 g/d) of the  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine dipeptide (GEC).

Regression equations <sup>a</sup>	R <sup>2</sup> <sup>b</sup>	RSD <sup>c</sup>	P <sup>d</sup>
ADFI = 2.347 + (0.048 · NV) - (0.0054 · NV <sup>2</sup> ) + (0.0001 · NV <sup>3</sup> )	0.59	0.196	0.0001
ADG = 0.931 + (0.018 · NV) - (0.0024 · NV <sup>2</sup> ) + (0.00005 · NV <sup>3</sup> )	0.75	0.071	0.0001
FCR = 2.52 + (0.0013 · NV) + (0.00076 · NV <sup>2</sup> ) - (0.000013 · NV <sup>3</sup> )	0.78	0.066	0.0001
SBW = 123.30 + (2.076 · NV) - (0.27 · NV <sup>2</sup> ) + (0.0056 · NV <sup>3</sup> )	0.73	8.419	0.0001
Regression equations <sup>e</sup>			
ADFI = 2.342 + (188.75 · GEC) - (78,158 · GEC <sup>2</sup> ) + (6,195,963 · GEC <sup>3</sup> )	0.41	0.235	0.0001
ADG = 0.929 + (73.26 · GEC) - (33,403 · GEC <sup>2</sup> ) + (2,606,624 · GEC <sup>3</sup> )	0.58	0.092	0.0001
FCR = 2.52 - (11.29 · GEC) + (13,336 · GEC <sup>2</sup> ) - (863,936 · GEC <sup>3</sup> )	0.74	0.071	0.0001
SBW = 123.34 + (4,819.81 · GEC) - (1,602,015 · GEC <sup>2</sup> ) + (87,095,121 · GEC <sup>3</sup> )	0.53	11.098	0.0001

<sup>a</sup> ADFI (overall average daily feed intake, kg/d); ADG (overall average daily gain, kg/d); FCR (overall feed conversion ratio); SBW (slaughter body weight, kg). <sup>b</sup> R<sup>2</sup>: coefficient of determination. <sup>c</sup> RSD: residual standard deviation. <sup>d</sup> P: statistical probability. <sup>e</sup> ADFI (average daily feed intake 60-171 d of age, kg/d); ADG (average daily gain 60-171 d of age, kg/d); FCR (feed conversion ratio 60-171 d of age, kg/kg); BW: slaughter body weight (kg at 171 d of age).

#### 4.2. Carcass traits

Table 8 presents the influence of treatment in carcass quality obtained without introducing carcass weight as a covariate in statistical model. The feed with 15 or 25% of NV reduced significantly weight and carcass yield, and weight of hams, shoulders and loin chops. The percentages of ham and loin chop respect to carcass weight increased significantly in pigs receiving diets with 15 and 25% of NV, being lower in the case of shoulders.

However, when the carcass weight was inserted into the statistical model as a covariate, dietary treatment had no significant effect on the variables, weights of ham ( $P < 0.45$ ), shoulder ( $P < 0.87$ ) and loin chop ( $P < 0.12$ ), and yields of loin chop ( $P < 0.11$ ) and shoulder ( $P < 0.10$ ). Diet with content of 15% NV significantly reduced ( $P < 0.02$ ) the yields of hams (27.08%) compared to the performance achieved with 5% NV in the feed (27.19%).

**Table 8.** Effects of increasing levels of narbon vetch on carcass quality of pigs.

Item	Dietary narbon vetch				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value <sup>2</sup>
	0%	5%	15%	25%		
Slaughter weight (kg)	123.3 <sup>a</sup>	127.6 <sup>a</sup>	112.4 <sup>b</sup>	93.4 <sup>c</sup>	2.43	0.0001
Carcass weight (kg)	93.0 <sup>a</sup>	96.6 <sup>a</sup>	83.9 <sup>b</sup>	68.0 <sup>c</sup>	2.04	0.0001
Carcass yield (%)	75.45 <sup>a</sup>	75.73 <sup>a</sup>	74.65 <sup>b</sup>	72.79 <sup>c</sup>	0.26	0.0001
Weight main trimmed lean cuts (kg)						
Ham (kg)	12.45 <sup>a</sup>	12.88 <sup>a</sup>	11.38 <sup>b</sup>	9.52 <sup>c</sup>	0.24	0.0001
Shoulder (kg)	6.99 <sup>a</sup>	7.27 <sup>a</sup>	6.27 <sup>b</sup>	5.03 <sup>c</sup>	0.16	0.0001
Loin chop (kg)	5.67 <sup>a</sup>	5.89 <sup>a</sup>	5.12 <sup>b</sup>	4.18 <sup>c</sup>	0.12	0.0001
Yield main trimmed lean cuts (% carcass)						
Hams (%)	26.78 <sup>c</sup>	26.66 <sup>c</sup>	27.15 <sup>b</sup>	27.99 <sup>a</sup>	0.1	0.0001
Shoulders (%)	15.02 <sup>a</sup>	15.04 <sup>a</sup>	14.94 <sup>b</sup>	14.77 <sup>c</sup>	0.02	0.0001
Loin chops (%)	12.19 <sup>c</sup>	12.18 <sup>c</sup>	12.23 <sup>b</sup>	12.29 <sup>a</sup>	0.01	0.0001

<sup>1</sup> SEM: standard error of the mean (n=12). <sup>2</sup> *P*: statistical probability. Within a row, means with different superscript letter differ ( $P < 0.05$ ).

## 5. DISCUSSION

The NV has a high amount of sulfur AA and therefore sulfur (0.28 to 0.37%) in part due to the presence of GEC containing about 12% of said element (Enneking, 1995b). Elevated levels of sulfur convey unpleasant tastes and odors, causing worse palatability and consequently, a lower intake (Arias-Royo et al., 2006; Tate and Enneking, 2006). Furthermore, the anti-nutritional factor GEC, protects to NV of different predators as aphid, rodents, birds, rabbits, etc. Their elimination would make the plant more susceptible to these pests, increasing the cost of cultivation due to treatments to avoid your effect (Bell, 1977; Enneking and Maxted, 1995; Tate and Enneking, 2006). However, treating NV once harvested, with acetic acid, binders GEC and high temperatures using the autoclave, has a positive influence on consumption in pigs. Thus, Enneking (1995a) in a trial with pigs of 33.4 kg BW and three diets fed for four days: 35% of pea, 35% of NV (previously treated for 12 h



with a solution of 4% of acetic acid and autoclaved at 121 °C for 30') and 35% of NV untreated, was obtained the same consumption in pigs fed on diets with pea and NV treated. The acid degrades the GEC, losing the Glutamyl group and another compound is formed: S-ethenyl Cysteine, which is also found in some parasitic plants (Thumfort et al., 1993); however, to be thermosetting, the autoclave treatment does not diminish their effect.

The amount of GEC in the seed depends on the variety, growing conditions and composition of soil sulfur (Enneking and Wink, 2000; Arias-Royo et al., 2006). The GEC concentration detected in this experiment was included in the observed range by different authors: 0.4 to 3.8% (Enneking et al., 1998; Francis et al., 1999; Berger et al., 2003; Arias-Royo et al., 2006). Other nutrients, such as ether extract, are in the same quantities as in pea (1.55%), but presents lower percentages of starch: 40.50 vs. 32.25%, for pea and NV respectively (FEDNA, 2010).

### 5.1. Growth performances

In the present experiment the NV were not treated with acetic acid or high temperatures, thus increasing NV to 25% resulted in a proportional increase in GEC, with low consumption and growth of pigs.

Clearly, and with results similar to other authors in pigs, amounts of NV over 20% in feed, decreased intake and growth. Enneking (1995b) observed different results with pigs of 20-40 kg. Piglets with average weight of 26.6 kg tolerated inclusions of 12.5% of NV in feed for 4 days without changing the ADFI; however when the inclusion of NV was increased to 25%, the ADFI decreased at a rate of 32.74% compared with control diet (8% soymeal).

These results are in agreement with the values of ADG, ADFI and FCR obtained in our experiment during the starter phase (60-82 days of age), with similar inclusion levels in feed (0% and 15%) and middleweight of the pigs (below 40 kg), but with feed intake for longer. Similarly, with an inclusion of 25% of NV for the same phase (21-38 kg), we also observed a reduced consumption and, as result, of the ADG.

The same author in other trials using 35% of NV in feed observed a decrease in consumption compared to a control diet with 35% of pea. Consumption was reduced from 31% to 33% in pigs with average weight of 34.05 and 25.42 kg respectively. NV varieties with higher levels of GEC and, therefore, sulfur in seed (0.32, 0.35 and 0.37%) decreased further consumption (22.2, 36.36 and 43%) compared to a control diet with 35% of pea (Enneking, 1995b).

The literature does not provide relevant information on the effect of the NV inclusion in feed pigs older and heavier than those indicated by the previous author. The increased sensitivity of pigs with increasing age and weight, respect to the worsening of productive results by increasing the percentage of NV in the feed, may be explained by a possible cumulative effect of ingesting GEC, with reducing ADFI and thus, the ADG and worsening food transformation rate, aspects that should be explained in other experimental studies.

## 5.2. Carcass traits

The reduction of carcass weight and yield, and weight of hams, shoulders and loin chops is consistent with the reduction in feed intake, growth and thus slaughter weight of pigs, caused by feed containing 15% or 25% of NV. An increased carcass yield and weight of hams with slaughter weight was also observed by Cisneros et al. (1996), Latorre et al. (2004, 2008, 2009) and Serrano et al. (2008) in heavy pigs. Latorre et al. (2004) not found significant effect of carcass weight with the percentage of shoulders and only a tendency to decrease the percentage of ham with increasing carcass weight, results that are not consistent with those obtained in the present experiment.

However, Cisneros et al. (1996), Latorre et al. (2008) and Peinado et al. (2011) detected a reduction in the percentage of hams and shoulders with increasing carcass weight. In our study, the percentage of hams decreases with carcass weight but the shoulders increases. This increase may be because, in our case, the shoulders of carcass with highweight trimming fat was higher than in underweight for reasons connected with the

technology of healing and final commercialization of the shoulders. Between 120 and 135 kg Latorre et al. (2008) not found significant influence of slaughter weight on the percentage of shoulders in the carcass, but as it increased weight, increased numerically such percentage.

Also, Latorre et al. (2009) found no difference in the percentage of shoulders in carcass of pigs with 104 and 107 kg live weight and similar results were evidenced by Serrano et al (2008) when crossbred pigs Duroc x Iberian with 145 and 156 kg were compared, although in this experiment also increased the percentage of shoulders numerically with carcass weight.

From the results of analysis of covariance which considered the carcass weight as covariate shows that the deviations observed in the characteristics of the carcass according to dietary treatment, are due to the variation of carcass weight inherent to variation of slaughter weight, ADG and ADFI, so that such variations are linked to different percentages of NV that were included in the feed.

## 6. CONCLUSIONS

The inclusion in the feed of finishing pigs from 5% NV (*Vicia narbonensis*) replacing soybean and barley (about 2 to 3% respectively) achieved similar productive performance and carcass quality than a control feed with grain-soybean, whereas percentages of 15 and 25%, as replacement of soybean and barley, worsens the productive results and carcass quality of heavy pigs for the production of processed products. It seems that in young pigs between 21 and 38 kg of body weight including 15% of NV in feed does not worsens the productive results with respect to the feed control with grain-soybean, although in later developmental stages worsens the productive results.

## 7. REFERENCES

- Arias, M., Ortiz, L. T., de los Mozos, M. 2004. Phenolic compounds and pyrimidine glycoside determination in *Vicia narbonensis* seed. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP nº 110, 2004. Toledo Spain.
- Arias-Royo, M., Tate, M., Enneking, D. 2006. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? Grain Legumes 47 – 3rd quarter 2006.
- Bell, E. A. 1977. Natural products & the protection of plants. Proc. of a study week at the Pontifical Academy of Sciences, Oct 18-23, 1976. 571-595 (Ed G. B. Marini-Bettòlo) Amsterdam: Elsevier.
- Berger, J. D., Robertson, L. D., Cocks, P. S. 2003, Agricultural potencial of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Antinutritional factor concentration in the genus *Vicia*. Genetics Resources and Crop Evolution 50 (5): 201-212.
- Boletín Oficial del Estado, 2013. Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. BOE 34: 11370-11421.
- Brand, T. S., Brandt, D. A., Cruywagen, C. W. 2004. Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. South African Journal of Animal Science 34 (2):116-122.
- Buyukcapar, H. M., Mezdegi, M. I., Kamalak, A. 2010. Nutritive value of narbon bean (*Vicia narbonensis*) seed as ingredient in practical diet for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Journal of Applied Animal Research 37: 253-256.
- CESFAC, 2012. Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. Mercados y estadística.
- Cisneros, F., Ellis, M., McKeith, M., McCaw, J., Fernando, R.L. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, comercial cutting and curing yields and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. Journal of Animal Science 74: 925-933.

- Davies, R.L. 1989. Advances in grain legume utilization for pig production. URI: <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19551>.
- Diario Oficial de la Unión Europea, 2009. Reglamento (CE) nº 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. L 54/1–L 54/130.
- Eason, J. P., Johnson, R. J., Castleman, G. H. 1990. The effects of dietary inclusion of narbon beans (*Vicia narbonensis*) on the growth of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 41(3): 565-571.
- Enneking, D. 1995a. Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? In: Yusuf, H. K. M. and Lambein, F. Eds. *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism: Progress and Prospects. Dhaka: University of Dhaka, 1995; pp, 85-92.
- Enneking, D. 1995b. The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA). Occasional Publication Nº 6. University of Western Australia. Nedlands W.A. (First edition, Enneking, D. (1994) PhD thesis, University of Adelaide).
- Enneking, D., Maxted, N. 1995. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). *Evolution of Crop Plants*, 2nd ed.; Smartt, J. ; Simmonds, N. W. Longman: London, pp 316-321.
- Enneking, D., Wink, M. 2000. Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. In: Knight, R. (ed.) *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century*. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference. Adelaide 1997. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture* Vol. 34. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London pp. 375- 384.
- Enneking, D., Delaere, I. M., Tate, M. E. 1998.  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine: a dipeptide from *Vicia narbonensis*. *Phytochemistry* 48(4): 643-645.
- FEDNA, 2006. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (De Blas, C., Gasa, J., Mateos, G. G., eds.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, Spain.

- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G. G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.
- Francis, C. M., Enneking, D., Abd El Moneim, A. 1999. When and where will vetches have an impact as grain legumes? In: Knight, R. (ed.) Linking Research and Marketing opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference, Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol, 34, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London, pp. 671-683.
- Franco-Jubete, F. 1996. El alberjón. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León (Coord: Franco-Jubete, F., Ramos, A.). Junta de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería.
- García, C. A., Barrios, A., Martín, A., Rodríguez, M. J., Caminero, C. 2006. La posible recuperación de algunas leguminosas (*Vicia narbonensis* L. y *Lathyrus cicera* L.) para su cultivo en los secanos de Castilla y León. In: De los Mozos Pascual, M., Giménez Alvear, M. J., Rodríguez-Conde, M. F., Sánchez Vioque, R. (Eds.), Nuevos Retos y Oportunidades de las Leguminosas en el Sector Agroalimentario Español. Segundas Jornadas de la Asociación Española de Leguminosa. Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo, Spain. Pp. 73-80 (Eng. Abstr.).
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S. 2001. Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. Livestock Research for Rural Development 13(6): 56.
- Jones, B. N., Pääbo, S., Stein, S. 1981. Amino acids analysis and enzymatic sequence determination of peptides by an improved o-phthalaldehyde precolumn labeling procedure. Journal of Liquid Chromatography 4: 565-586.

- Kökten, K., Koçak, A., Bağci, E., Akçura, M., Çelik, S. 2010. Tannin, protein contents and fatty acid compositions of the seeds of several *Vicia* L. species from Turkey. *Grasas y Aceites*. 61(4): 404-408, doi: 10.3989/gya.021310.
- Latorre, M. A., Lázaro, R., Valencia, D. G., Medel, P., Mateos, G. G. 2004. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *Journal of Animal Science* 82: 526-533.
- Latorre, M. A., García-Belenguer, E., Ariño, L. 2008. The effect of sex and slaughter weight on growth performances and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *Journal of Animal Science* 86: 1933-1942.
- Latorre, M. A., Ripoll, G., García-Belenguer, E., Ariño, L. 2009. The increase of slaughter weight in gilts as strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. *Journal of Animal Science* 87: 1464-1471.
- MAGRAMA, 2013. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Avance de estadísticas agrarias 2013.
- Mateo Box, J. M. 1961. Leguminosas de grano. Barcelona, Ed. Salvat.
- Mateos, G. G., Valencia, D. G., Serrano, M. P., Lázaro, R. 2008. Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. Valladolid.
- Moore, S. 1963. On determination of cystine as cysteic acid. *Journal of Biological Chemistry* 238: 235-237.
- Peinado, J., Serrano, M. P., Mede, P., Fuentetaja, A., Mateos, G. G. 2011. Productive performance, carcass and meat quality of intact and castrated gilts slaughtered at 106 or 122 kg BW. *Animal* 5: 1131-1140.
- SAS, 2004. User's Guide. SAS Institute. Cary, NC.
- Serrano, M. P., Valencia, D.G., Fuentetaja, A., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2008. Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and

- meat quality of Iberian pigs reared under intensive management systems. *Meat Science* 80: 1122-1128.
- Tate, M., Enneking, D. 2006. Vetches: from feed to food, Common vetch (*Vicia sativa ssp. sativa*): feed or future food? *Grain Legumes* N° 47 – 3rd quarter 2006.
- Thumfort, P. P., Pate, J. S., Rasins, E., Ghisalberti, E. L. 1993. S-ethenyl cysteine; an amino acid from *Oxalys phyllanthi*. *Phytochemistry* 34(3): 657-659.
- Wali, S. A., Hobi, A. A., Nouri, A. 2005. Some physiological and histological changes in the broilers fed gagon seeds (Narbon vetch). *Journal of Biological Sciences* 5(2): 111-113.



## **CAPÍTULO 5**

### **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES**



## 1. DISCUSIÓN GENERAL

### 1.1. Caracterización de los guisantes y el alberjón utilizados en las dietas experimentales

Los guisantes utilizados en los ensayos han sido variedades tolerantes al frío, llamadas guisantes de invierno. Se siembran en octubre-noviembre y presentan ventajas indudables en productividad por hectárea y porcentaje de proteína en relación con los guisantes de primavera (Caminero, 2002). El contenido proteico de los tres guisantes (LUN, ICE, CAR) superó el porcentaje indicado para guisante de primavera por FEDNA (2010). El perfil de AA presentó valores inferiores para Lys en CAR y de Val en ICE. El valor de grasa bruta fue mayor en CAR y el almidón más bajo en ICE.

Los FAN de guisantes que se pueden encontrar en cantidad suficiente para causar efectos indeseables son los inhibidores de proteasas (IP), de tripsina (IT) y de quimotripsina (IQ); condicionan su inclusión a porcentajes elevados en los piensos, al influir en la digestibilidad de la proteína (Gatel, 1998; Le Gall et al., 2007). Son FAN no vinculados con la época de siembra o resistencia al frío, por lo que se pueden encontrar variedades de guisante de invierno con niveles similares, o más bajos, de IP que en los guisantes de primavera (González-García, 2001). Atendiendo a la cantidad de IT, la variedad ICE se considera de baja actividad, CAR de actividad media y LUN de actividad muy alta (Carrouée et al., 1994). La mayoría de los trabajos que indican la actividad de IP la refieren exclusivamente a los IT (Grosjean et al. (2000). Los IQ no se suelen analizar, y por lo tanto, no hay datos suficientes de la relación con los IT (Champ, 2001). Los valores de IQ son mayores en los tres guisantes empleados: 2,9, 49,9 y 25,5% superiores frente a los IT, para CAR, ICE y LUN, respectivamente, sin que exista una relación lineal entre ambos inhibidores. Posiblemente sea un carácter ligado a la variedad del guisante.

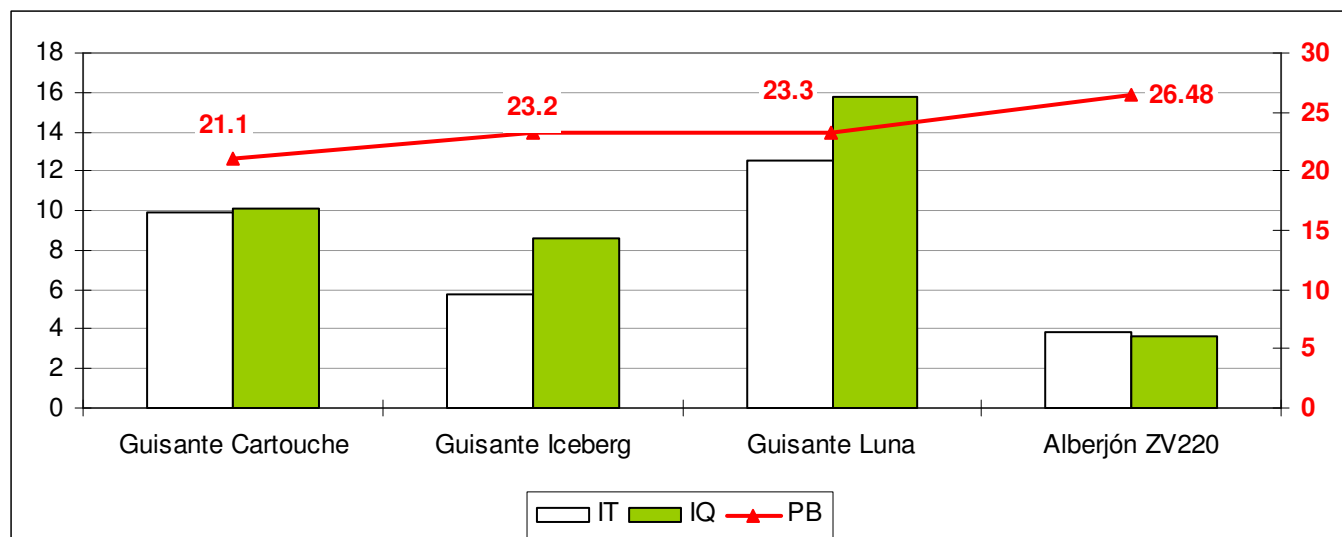
En el caso del alberjón, la variedad empleada en el ensayo reveló un porcentaje de proteína (26,8%) semejante a los resultados que reportan Wali et al. (2005), y se

corresponde con niveles proteicos por encima de la media: 21 a 30%, según los valores obtenidos por Brand et al. (2004) y Kökten et al. (2010). En el perfil de AA se observaron valores intermedios de Lys (1,77%) que pueden llegar al 2% en otras variedades (Hadjipanayiotou y Economides, 2001), siendo adecuados para las necesidades de ganado porcino de estas características, al igual que la Thr y el Trp (FEDNA, 2013). Al cotejar los resultados del alberjón con los tres guisantes, vemos que el porcentaje de proteína y de los AA Lys y Met-Cys fue superior; otros nutrientes, como el extracto etéreo, se encontraron en las mismas cantidades que en el guisante CAR (1,55%), siendo el contenido en almidón del 25 al 34% más alto en los guisantes que en el alberjón.

La proporción de S en el alberjón es variable y particularmente elevado: 0,28 a 0,37%, llegando a duplicar el de otras leguminosas como los guisantes (0,18%) (Enneking, 1995). Esta característica, se debe en parte a la presencia del FAN  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC), cuya cantidad depende de la variedad, las condiciones del cultivo y el S existente en el suelo (Enneking y Wink, 2000; Arias-Royo et al., 2006). El GEC ejerce un papel defensivo de la planta frente a depredadores como áfidos, roedores, aves, conejos, etc. Su eliminación, además de ser difícil y costosa, haría que la planta fuera más susceptible a las plagas, incrementando el coste del cultivo debido a los tratamientos para evitar su efecto (Enneking y Maxted, 1995; Tate y Enneking, 2006). Sin embargo, en nuestro caso es un inconveniente, al transmitir sabores y olores anómalos al pienso, empeorando la palatabilidad y en consecuencia disminuyendo el consumo (Tate y Enneking, 2006).

La concentración detectada de GEC en el alberjón del ensayo lo podría clasificar en un puesto intermedio, según el rango observado por diferentes autores: 0,4 a 3,8% (Enneking et al, 1998; Berger et al, 2003; Arias-Royo et al., 2006), siendo el que presentaba los valores más bajos de las tres variedades disponibles: 1,52, 1,61 y 1,65% de GEC, para ZV-220, ZV-274 e IC-2470, respectivamente.

Los resultados de IP analizados en el alberjón fueron bajos, con valores de 3,86 y 3,62 para UTI/mg y UQI/mg, respectivamente; menores que en los guisantes. En la Figura 1 se indican las cantidades de PB, IT e IQ de las cuatro leguminosas empleadas.



**Figura 1.** Niveles de proteína bruta (PB%) y de inhibidores de tripsina (IT: UTI/mg) y de quimotripsina (IQ: UQI/mg) en las cuatro leguminosas empleadas.

## 1.2. Guisantes en la fase de estárter y cebo

### 1.2.1. Fase de estárter

La relación de ensayos con guisantes aplicados a piensos de lechones son abundantes. Se plantean de forma muy heterogénea y con resultados paradójicos, bien sea por la edad de los animales (fase prestárter o estárter), por utilizar guisantes procesados previamente o debido a bajos porcentajes de inclusión en los piensos (Stein y Peters, 2008; Brooks et al., 2009). Hay dos características comunes a todos ellos:

- los FAN que se deberían tener en cuenta en los guisantes son los IP (IT e IQ), aunque no se consideran en la mayoría de los trabajos; menos aún la cantidad presente en los piensos y si hablamos de los IQ sus determinaciones ni se plantean (Grosjean et al., 1997; Stein et al., 2004);
- hay un empleo masivo de variedades de primavera, siendo las variedades tolerantes al frío marginadas completamente al relacionarse con cantidades elevadas de IP (McLaughlin et al., 1983; Grosjean et al., 2000; Valencia et al., 2008).

Por otro lado, además de la variedad y las condiciones de cultivo, se debe tener en cuenta que las técnicas de cultivo (rotatorio, mínimo laboreo, abonado, etc.) pueden suponer reducciones del 27 al 44% de los IT sin variar los nutrientes. Es un factor de importancia en el caso de las proteínas, que además no están correlacionadas con el nivel de IP (Pisuleswka y Pisuleswki, 2000; González-García, 2001).

El porcentaje de los distintos guisantes en cada pienso se estableció por la cantidad de IP (IT + IQ). El guisante LUN era el que tenía una mayor concentración de IP, por lo tanto fue la variedad que se incluyó en menor cantidad (22,9%). Por su parte, ICE con los niveles más bajos se incorporó hasta el 54,19%. El porcentaje de la variedad CAR, con cantidades intermedias de IP, fue del 30,9%.

Los niveles de IP (UTI + UQI) tolerados en P-LUN, coincidieron con los descritos por Batterham et al. (1993): 4,7 UTI, 4,5 UQI, al comparar una dieta con garbanzo (*Cicer arietinum*) y guandú (*Cajanus cajan*) frente a un control de soja, pero con cerdos desde 20 a 50 kg de peso vivo, sin encontrar diferencias productivas ( $P > 0,05$ ).

No parece que exista un efecto lineal negativo, al menos hasta los niveles de IP que presentó el pienso P-LUN. Como se observa, los lechones alimentados con P-CAR y cantidades más elevadas de IP que los que consumieron CON crecieron un 8,3% más.

Brooks et al. (2009) ya expusieron mejoras significativas del rendimiento (CMD y GMD;  $P = 0,01$ ), añadiendo un 20% de guisante primavera a la dieta de lechones desde los 6 a los 17,9 kg (fase preáster), sin indicar los niveles de IP.

En un ensayo realizado con lechones desde los 26 a 48 días de edad, Valencia et al. (2008) aumentaron la proteína en la dieta empleando proteína de guisante concentrada (CPG: 52,5% PB), que concentró del mismo modo la cantidad de IP. Al alimentarlos con un 10,5% de CPG frente a un control con 12,1% de harina de soja (HnaS: 45,2% PB) no varió el CMD; sin embargo los primeros tuvieron peor rendimiento debido a la menor digestibilidad de la proteína ( $P < 0,05$ ). Habría que tener en cuenta el coste añadido que implicó el tratamiento de los guisantes.

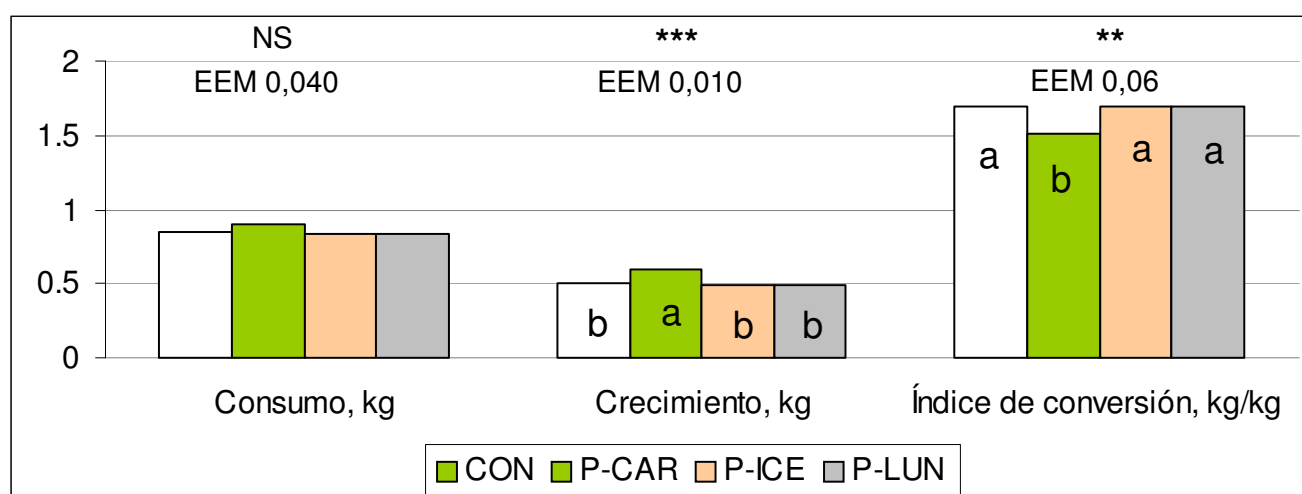
Bengala-Freire et al. (1989) suplieron parte de la soja con porcentajes elevados (45%) de guisantes de primavera, extrusionados o crudos, y peores datos productivos en los lechones alimentados con estos últimos. Gatel et al. (1989) con un diseño muy parecido llegaron a las mismas conclusiones, y al añadir metionina, AA deficitario en esta legumbre, los resultados productivos fueron más favorables que en los lechones alimentados con el pienso control de soja. Datos contradictorios al compararlos con los de Grosjean et al. (1997) que suministraron una dieta con un 40% de guisantes crudos o extrusionados, que presentaban un nivel de 2,4 TIU, a lechones desde los 27 a los 68 días de edad, sin encontrar diferencias respecto a un pienso control de soja ( $P > 0,05$ ). Por el contrario, en un segundo ensayo de los mismos autores, un pienso con un 40% de guisante, esta vez de invierno, con cantidades elevadas de IT (10,4 UTI/mg) frente a un guisante con 2 UTI/mg al 40%, redujo el crecimiento y el consumo de manera significativa ( $P > 0,05$ ).

Stein et al. (2004) y Stein y Peters (2008), en varias pruebas, obtuvieron resultados similares en lechones que consumieron un pienso control basado en maíz y soja frente a uno con 60% de guisante ( $P > 0,05$ ); tampoco consiguieron ventajas al extrusionar previamente los guisantes. Se supone que tendrían niveles mínimos de IP.

La posible reducción del consumo que refieren diferentes autores puede obedecer a varias causas. McLaughlin et al. (1983) lo relacionan con niveles elevados de IT, que pueden activar la liberación de CCK hormona relacionada con la saciedad; para Grosjean et al. (1997) los IT disminuyen la digestibilidad del triptófano, AA con efecto sobre el apetito. Jaikaran et al. (2002) en un ensayo con guisantes de distinto color (amarillos y verdes) y cerdos de más de 25 kg, no encontraron diferencias en CMD al compararlos con una dieta control de soja, como en nuestro caso ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, la presencia de saponinas en los guisantes, que según la variedad y el tipo de saponina (B o DDMP) varía de 0 a 1,5 g/kg, podría reducir el consumo debido al sabor amargo (Heng et al., 2006); aunque Price et al. (1985) indicaron que el rechazo parcial de la dieta empezaría a partir de 2 g/kg de saponina.

En nuestro ensayo (Figura 2) el CMD fue igual en los cuatro piensos, sin embargo los cerdos alimentados con P-CAR mejoraron el crecimiento y la conversión ( $P < 0,05$ ); la eficiencia en la asimilación del pienso fue más favorable y no encontramos una explicación para este hecho.

En un reciente trabajo de Gómez-Fernández et al. (2015) también se plasmaron mejoras significativas en el crecimiento al añadir 24,7% de guisante, esta vez de invierno, reemplazando el 50% de la soja y, por primera vez, con datos de IP (IT + IQ) en guisante y dietas.



**Figura 2.** Ensayo 1: resultados productivos en los distintos piensos experimentales (CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna), durante la fase de estárter. NS, no significativo; \*\*:  $P < 0,01$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.

Sin duda, los niveles elevados de IP influyen en el rendimiento de los lechones, pero considerando la diversidad de resultados, no parece que actúen de una sola manera y es posible que existan otras causas que interaccionan, conocidas o no.



### 1.2.2. Fase de cebo

La literatura expone resultados productivos muy dispares: Castell et al. (1996) limitan la incorporación de guisante en las dieta de cebo y acabado a 20 y 35%, Mathé et al. (2003) llegan al 39% (guisante con 2,47 UTI/mg), mientras Stein et al. (2004) indican un máximo del 36%. Con la información disponible es de suponer que se trata de guisantes con baja actividad IP y en todos los casos de primavera. Otros trabajos reemplazan completamente la soja por guisantes. Así, Gatel et al. (1989) obtuvieron el mismo rendimiento en cerdos alimentados con un pienso único durante la fase de cebo (28 a 101 kg) que tenía un 41% de guisante de primavera variedad Finale (2,76 UTI/mg) sin soja frente a un control de soja y trigo. Mientras, Stein et al. (2006) en cerdos de 22 a 123 kg no observaron diferencias significativas en rendimiento productivo ni en calidad de la canal al suministrar durante las distintas fases de cebo 66, 48 y 36% de guisante primavera sin soja frente a una dieta con soja y cereal. Son situaciones similares a la nuestra, incluso eliminando la soja a edades más tempranas, pero con guisantes primavera y, suponemos, bajos en IT.

La utilización de distintas variedades en piensos de cebo quedan reflejadas en los estudios de Grosjean et al. 1989, que en un primer ensayo compararon 3 piensos: control con 21% de HnaS, 30% guisante de invierno Frisson (8,9 UTI/mg) + 7% HnaS y 30% de guisante primavera Finale (4,1 UTI/mg) + 6% HnaS. No hubo diferencias entre los cerdos (30 a 100 kg) que comieron los guisantes y el control, pero sí entre los piensos con los guisantes, con menor CMD y GMD de los animales alimentados con el pienso del guisante Frisson (2,290 vs 2,340 kg y 0,757 vs 0,794 kg, de CMD y GMD para Frisson y Finale, respectivamente ( $P < 0,05$ ). La actividad IT del pienso con Frisson fue de 2,7 y 1,3 UTI/mg para la dieta del guisante Finale. En un segundo ensayo con el mismo tipo de cerdos y 2,4 y 1,6 UTI/mg en el pienso con Frisson (27%) y Finale (27%) respectivamente, y 5,5% de HnaS en ambos, no hubo diferencias entre los cerdos alimentados con ambos tipos de guisantes ( $P > 0,05$ ). Son cantidades de IT en el pienso con la variedad Frisson similares a las de P-

ICE, sin embargo no sustituyen por completo la soja, son piensos únicos y, prácticamente, con un mismo diseño se obtienen diferentes resultados.

La edad de inicio del consumo de guisante parece influir en el rendimiento posterior, así Bengala-Freire et al. (1989) en cerdos desde 27 a 102 kg vieron que un porcentaje de guisante superior al 30%, con 2,85 UTI/mg, disminuyó el consumo y el crecimiento. Por el contrario, Newmann et al. (2011) reemplazaron la soja por derivados de guisante seco (“chips pea”): 45% a partir de los 57 kg y 30% desde 93 a 127 kg, sin diferencias significativas en relación con el control de soja y maíz. En cerdos pesados (40 a 158 kg) Prandini et al. (2011) sustituyeron la soja por guisante sin observar efectos negativos en rendimiento ni en calidad de la canal ( $P > 0,05$ ).

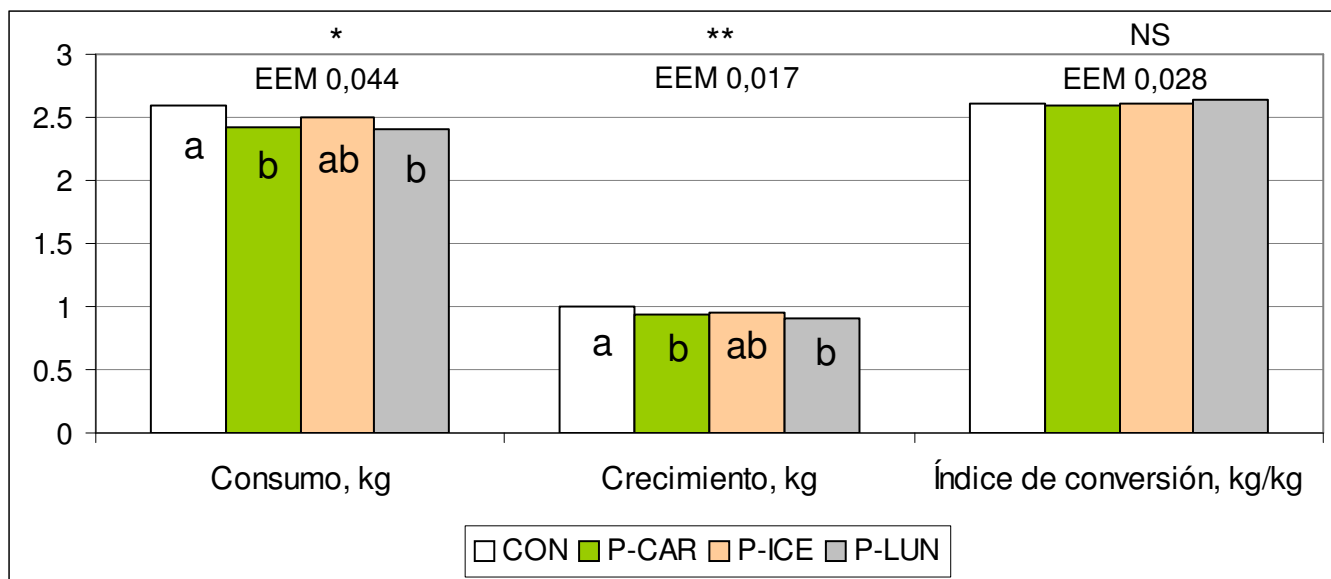
Nuestros resultados muestran que los cerdos se adaptan a consumos elevados de IP según aumenta la edad. Concretamente, en la fase de acabado no se presentaron diferencias productivas entre los animales de los cuatro tratamientos ( $P > 0,05$ ). En un experimento parecido, Njoka (2008) enfrentó cuatro dietas durante la fase de acabado (80 a 123 kg), una control de soja con tres sin soja y que incorporaban un 30% de guisantes, cada una de un tipo: de invierno, de verano y de primavera. Sólo observó una tendencia ( $P < 0,10$ ) en el consumo, siendo mayor en los animales alimentados con las dietas invierno y verano que con las primavera y control: 4 y 3,8 vs 3,5 y 3,4 kg, respectivamente. En un ensayo con la misma variedad del P-CAR (Cartouche con 9,87 UTI y 10,16 UQI), pero sin periodo de adaptación (estárter) y sustituyendo a la soja a partir de los 30 kg de peso hasta los 125 kg, de Mercado et al. (2013) y Gómez-Fernández et al. (2013) no vieron diferencias al compararlo con un pienso control de soja en producción y calidad de la canal.

En las experiencias anteriores, los guisantes, con la excepción de la variedades Frisson y Cartouche (invierno), y los piensos, tuvieron unos niveles de IT muy inferiores a los de nuestro ensayo. A pesar de ello hubo diferencias debidas a consumos menores. Incluso en la fase estárter, y duplicando la cantidad de IP del CON, los animales que consumieron P-ICE, tuvieron el mismo efecto para CMD, GMD e IC. Es un resultado similar al de Batterham et al. (1993) que compararon una dieta sin guisante, con garbanzos (*Cicer*

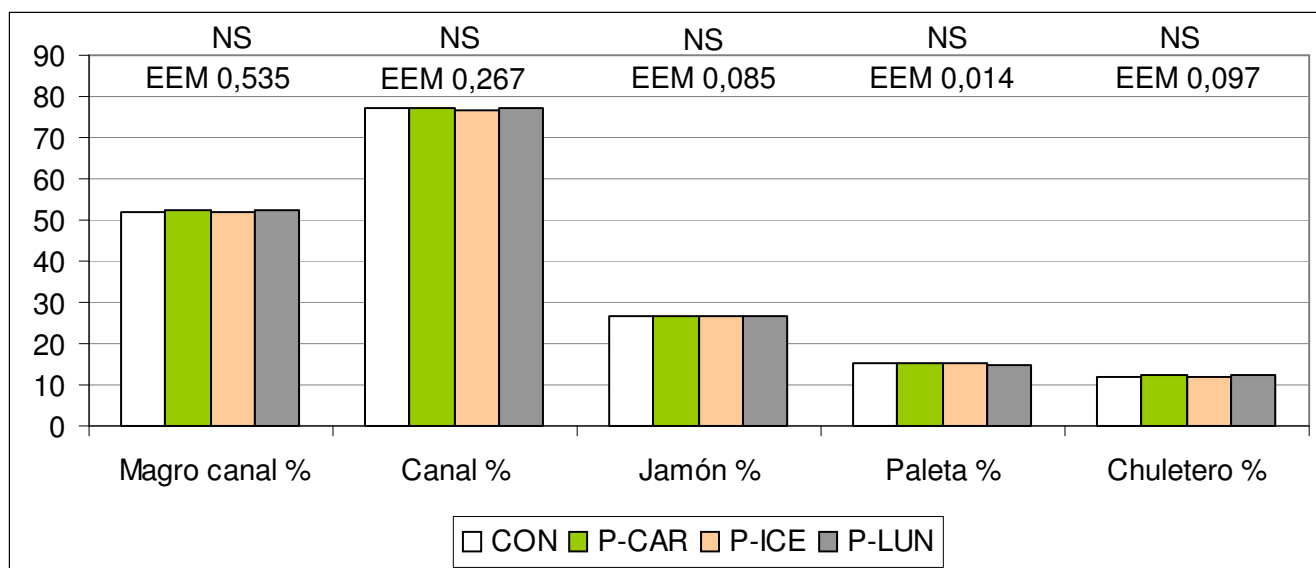
*arietinum*) y guandú (*Cajanus cajan*) frente a un control de soja, con cerdos desde 20 a 50 kg, sin encontrar diferencias productivas con cantidades de 4,7 UTI/mg y 4,5 UQI/mg en los piensos ( $P > 0,05$ ).

La reducción del consumo de pienso, al igual que se ha indicado en el ensayo de lechones, puede deberse a la presencia de IP, o a efectos derivados de estos: liberación de CCK (McLaughlin et al., 1983), menor digestibilidad del Trp (Grosjean et al., 1997); incluso el tipo de almidón (Bengala-Freire et al., 1989) o la presencia de saponinas podrían afectar la palatabilidad del pienso, aunque Price et al. (1985) estiman que la cantidad de éstas últimas en los guisantes es muy baja.

Las diferencias de rendimiento en nuestros resultados (Figura 3 y 4), se relacionaron directamente con un menor consumo de pienso, ligado a la edad de los cerdos y a la cantidad de IP que comieron, y no se manifestaron en el espesor de tocino dorsal, porcentaje magro, datos de la canal o piezas nobles, ni en el contenido de grasa intramuscular del lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.



**Figura 3.** Ensayo 3: resultados productivos globales en los distintos piensos experimentales (CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna), durante el cebo. NS, no significativo; \*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.



**Figura 4.** Ensayo 3: resultados de canal y piezas nobles según piensos experimentales: CON, control; P-CAR; pienso con Cartouche; P-ICE, pienso con Iceberg; P-LUN, pienso con Luna. NS: no significativo ( $P > 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.

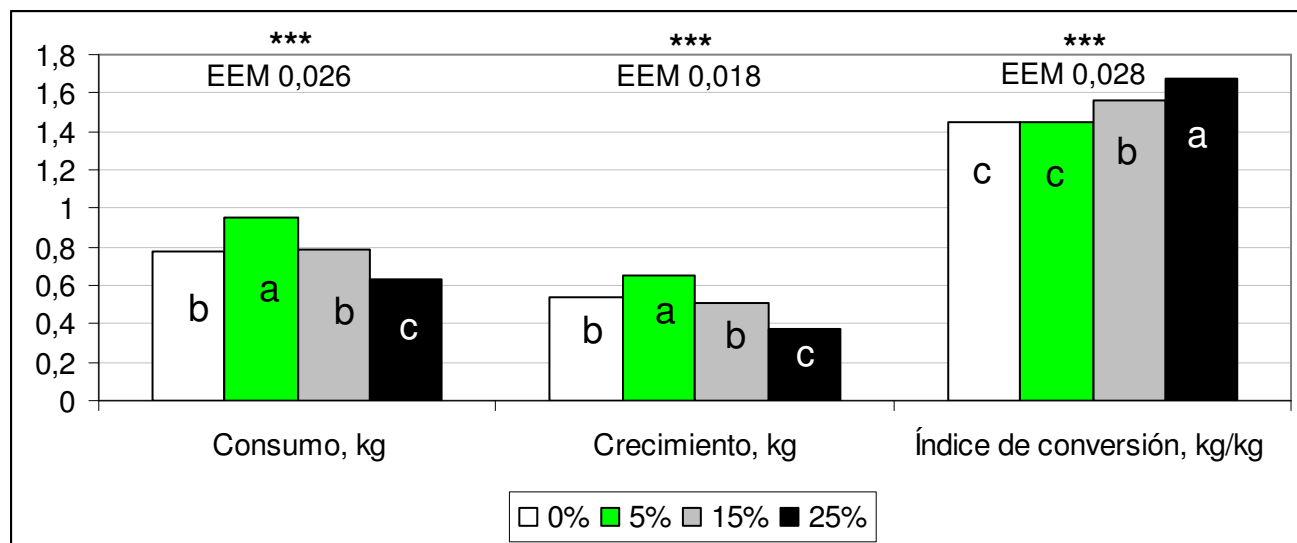
### 1.3. Alberjones en la fase de estárter y cebo

#### 1.3.1. Fase de estárter

Prácticamente no conocemos trabajos que estudien la alimentación de lechones de esta edad con alberjones. El GEC, principal compuesto antinutritivo de esta legumbre, es el factor determinante en el rendimiento de los cerdos (Enneking, 1995). Por otro lado, el GEC, como todos los FAN, es necesario para la defensa y adaptación de las plantas. Su eliminación de la planta la haría más sensible a estas plagas incrementando el coste de tratamientos fitosanitarios y del pienso (Tate y Enneking, 2006; Mosenthin et al., 2010). Tratar los alberjones una vez cosechados es posible, como muestra Enneking (1995) en un ensayo con cerdos de 33,44 Kg de peso medio y tres piensos suministrados durante 4 días: guisante al 35%, alberjón al 35% (previamente tratado durante 12 h con una solución de ácido acético al 4% y con autoclave, 121 °C durante 30') y alberjón al 35% sin tratar. El consumo fue el mismo en el pienso de guisante y en el de alberjón tratado. El ácido disminuyó la actividad del GEC, sin embargo al ser termoestable, el tratamiento con el autoclave no tuvo efecto.

En nuestro caso, el alberjón no fue tratado de ningún modo, sólo se molió, mezcló y granuló con el resto de ingredientes para la obtención de los piensos. Por este motivo, la cantidad de GEC presente en los piensos con un nivel elevado de alberjón fue más acusada, originando menores consumos: -33,47% en la dieta 25% en relación con la 5%, y en consecuencia un menor crecimiento ( $P < 0,001$ ). La conversión alimenticia fue mejor en los animales que comieron los piensos 5% y 0%, empeorando de manera progresiva con 15% y 25%. En la Figura 5 se muestran los datos productivos de cada tratamiento.

La selección de variedades con bajos niveles de GEC es la posibilidad más interesante, siendo los alberjones analizados en nuestro estudio variedades con cantidades de GEC medias-bajas, si consideramos los datos que aportan distintos autores (Francis et al., 1999; Arias-Royo et al., 2006).



**Figura 5.** Ensayo 2: resultados productivos según el porcentaje de alberjones en el pienso durante la fase estándar. \*\*\*:  $P < 0,001$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.

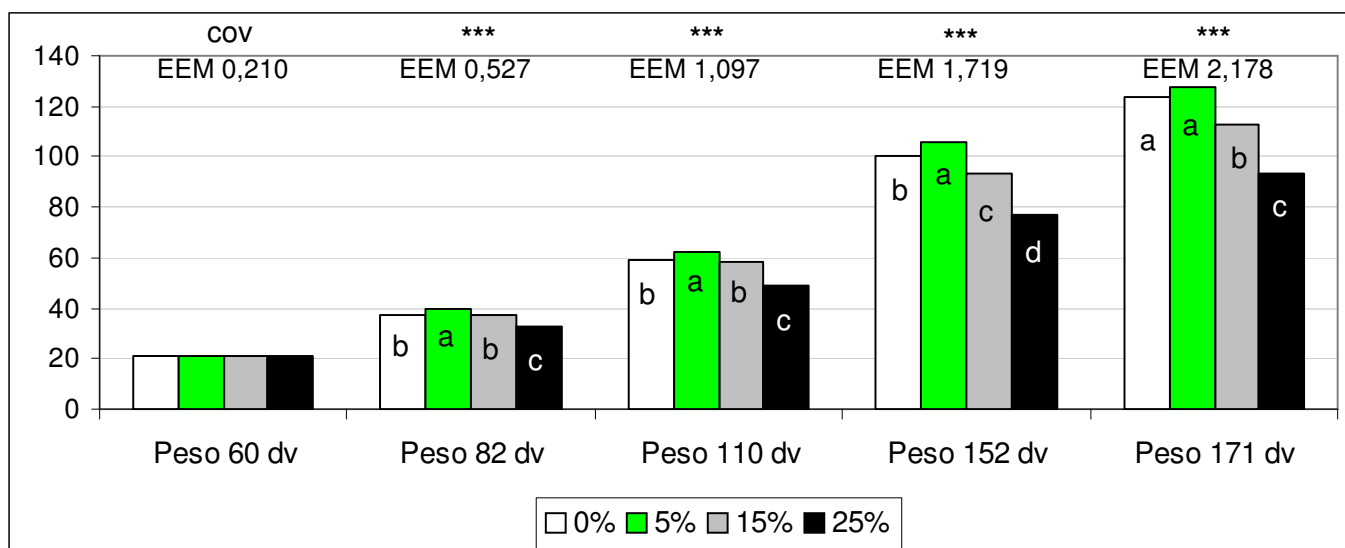
### 1.3.2. Fase de cebo

Los pocos ensayos realizados con alberjones en porcino indican que cantidades por encima del 20% en la dieta deprimen el consumo y lógicamente el crecimiento. Enneking (1995) presentó diferentes resultados con cerdos de 20 a 40 kg de peso. En uno de ellos, los lechones (26,59 kg de peso medio) soportaron inclusiones del 12,5% en el pienso durante 4 días sin variar el consumo; sin embargo, al aumentar la cantidad al 25% el consumo disminuyó un 32,74% en relación con un pienso control de harina de soja al 8%. Estos datos confirman nuestros resultados productivos durante la fase estarter (60 a 82 días de edad), iguales en los piensos 0% y 15% con cerdos por debajo de los 40 kg de peso medio y además con un consumo mucho más prolongado.

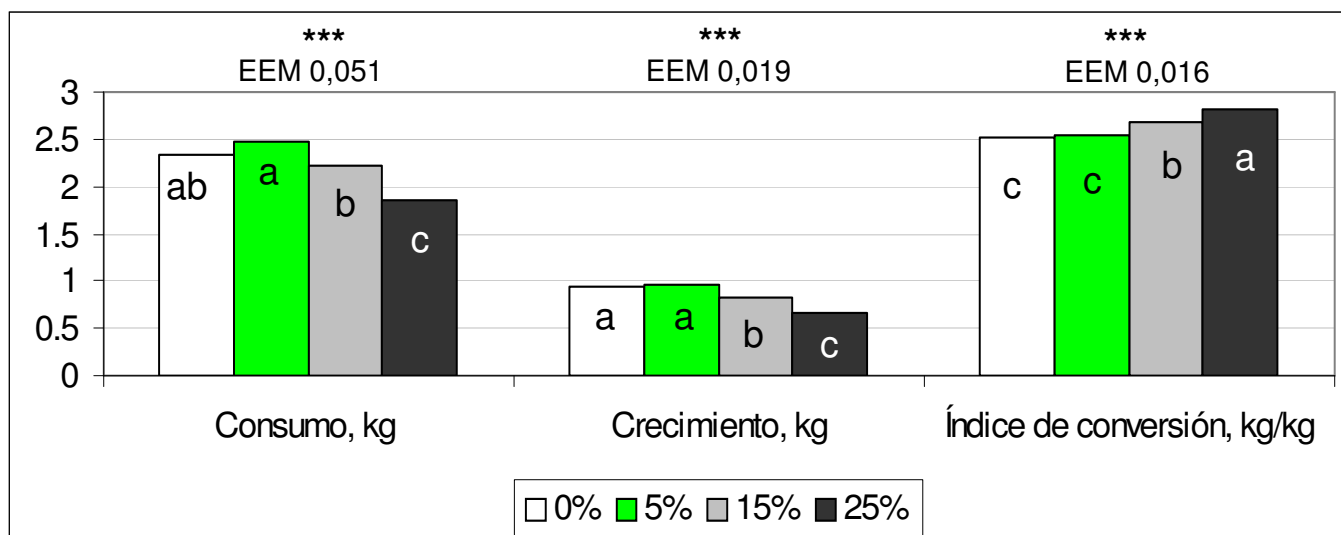
El mismo autor en otros ensayos con piensos que llevaban un 35% de alberjones, observó una disminución del consumo frente a un pienso control con el 35% de guisante; que variaba del 31% (lechones con 34,05 kg de peso medio) al 33% (lechones con 25,42 kg de peso medio). Variedades con niveles más elevados de GEC y, por lo tanto de azufre en

la semilla, consiguieron disminuir aún más los consumos (0,32, 0,35 y 0,37% de azufre, 22,2, 36,36, y 43% menos consumo de pienso, respectivamente) frente al control con el 35% de guisante (Enneking, 1995). No hay información relevante con animales de más edad.

En nuestro ensayo, la inclusión del 5% dio lugar a un crecimiento más elevado de los cerdos hasta los 152 días de vida, debido a un mayor consumo; el índice de conversión se mantuvo igual al de los cerdos que consumieron el pienso 0%. En la fase de acabado se igualaron los resultados de los cerdos correspondientes a los piensos 0% y 5%. Sin embargo, al aumentar la cantidad de alberjón hasta el 25% de inclusión, los animales redujeron el consumo y crecimiento desde el principio, no mostrando síntomas de toxicidad aguda, a diferencia de otras Vicias (*V. ervilia*, *V. villosa*) que tienen canavanina en vez de GEC. (Enneking, 1995). La conversión en esta fase fue igual en todos los tratamientos, al ser proporcional el consumo y el crecimiento de cada uno. El comportamiento productivo global fue igual en los animales de los piensos 0% y 5%, quedando muy penalizado el peso final de los que comieron las dietas 15% y 25%. Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados productivos de los distintos tratamientos.



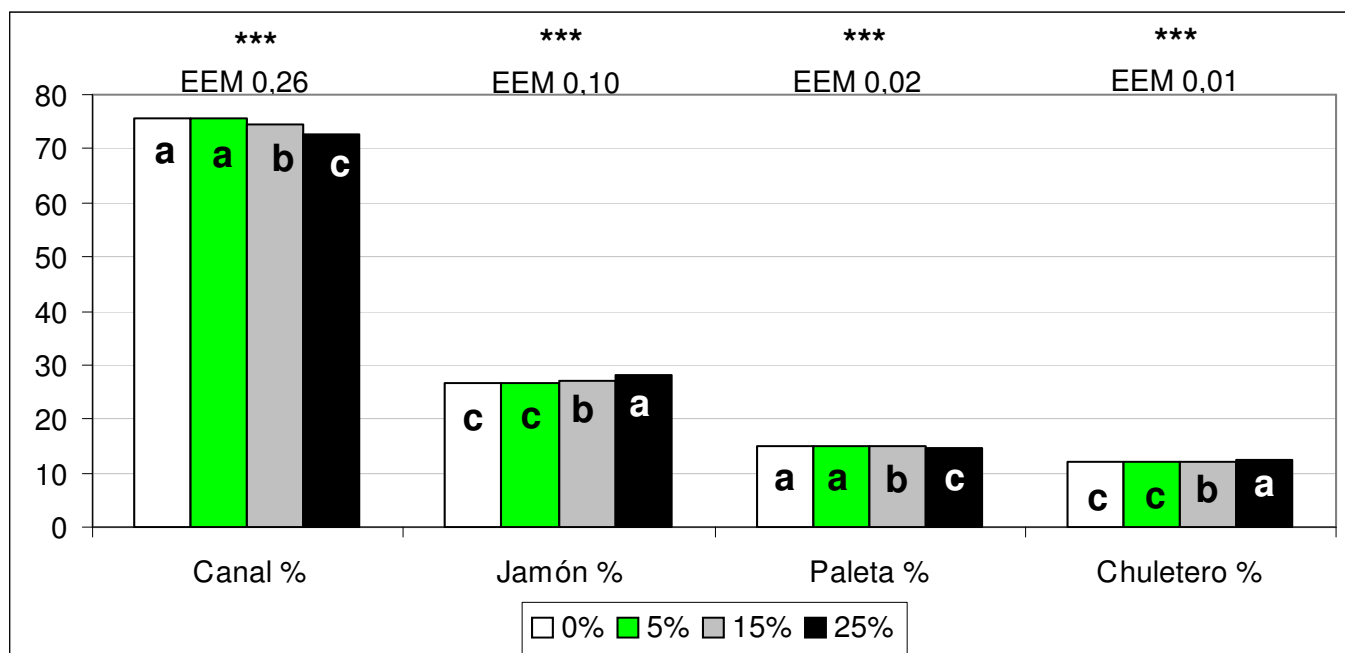
**Figura 6.** Ensayo 4: evolución del peso durante el cebo según el porcentaje de alberjones en el pienso. cov, covariable; \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.



**Figura 7.** Ensayo 4: rendimiento productivo global según el porcentaje de alberjones en el pienso. \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). cov: covariable. EEM: error estándar de la media.

El empeoramiento de los resultados productivos según aumenta la edad y peso de los cerdos, al elevar el porcentaje de alberjones en la alimentación, se puede explicar por un posible efecto acumulativo de la ingestión de GEC; se reduce el consumo y el crecimiento y, además, empeora la conversión de alimento. Son aspectos que deben ser explicados en otros estudios experimentales. La reducción del peso y rendimiento de canal, y el peso de jamones, paletas y chuleteros es consistente con la reducción en el consumo de alimento, el crecimiento y por lo tanto el peso de sacrificio de los cerdos, causada por raciones que contienen 15% o 25% de alberjones (Figura 8). El incremento de rendimiento de canal y de jamones, y su relación con el peso de sacrificio, fue también observado por Cisneros et al. (1996), Latorre et al. (2004, 2008, 2009) y Serrano et al. (2008) en cerdos pesados. Latorre et al. (2004) no encontraron un efecto significativo del peso de canal con el rendimiento de paletas, y solo una tendencia a disminuir el rendimiento de jamones con el peso de canal; resultados que no se corresponden con los obtenidos en el presente estudio. Asimismo, Cisneros et al. (1996), Latorre et al. (2008) y Peinado et al. (2011) detectaron una reducción en el porcentaje de jamones y paletas con el aumento del peso de canal.





**Figura 8.** Ensayo 4: rendimiento de canal y piezas nobles según piensos experimentales. \*\*\*:  $P < 0,01$ . Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). EEM: error estándar de la media.

En nuestro trabajo, el porcentaje de jamones disminuyó con el peso de canal, pero el de paletas aumentó. Este aumento puede deberse a que, en nuestro caso, el perfilado de las paletas en canales de mayor peso fue más acusado que en las procedentes de canales con menos peso, por motivos relacionados con la tecnología de la curación y la comercialización final de las paletas.

Entre 120 y 135 kg, Latorre et al. (2008) no observaron influencia significativa del peso de sacrificio en el porcentaje de paletas en relación con la canal, pero a medida que aumentó el peso, aumento numéricamente dicho porcentaje. Igualmente, Latorre et al. (2009) no encontraron diferencias en el porcentaje de paletas de canales de cerdos con PV entre 104 y 107 kg. Resultados similares fueron puestos en evidencia por Serrano et al. (2008), con cerdos cruzados Duroc x Ibérico cuando se compararon animales de 145 a 156 kg PV; sin embargo, en este experimento aumentó numéricamente el porcentaje de paletas con el peso de canal.

## 2. CONCLUSIONES GENERALES

1. Lechones en la fase estárter, mejoran o mantienen el rendimiento con consumos medios diarios de hasta 2,67 UTI/mg y 4,65 UQI/mg, y porcentajes de guisantes, según la variedad, de 54,1% en el pienso, permitiendo disminuir la cantidad de soja de manera notable.

2. La edad influye en la tolerancia a los niveles de IP derivados de un pienso con guisante durante el cebo, soportando cantidades que pueden triplicar las de un pienso control de soja en las fases iniciales (61 a 83 días de edad). A partir de la fase de crecimiento (84 días de edad), el consumo diario de hasta 6 UTI/mg y de 9 UQI/mg no supone mermas productivas, de canal, de piezas nobles, ni del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.

3. Los IP influyen en el rendimiento y no parece que actúen de una sola manera; es posible que existan otras causas que interaccionan, conocidas o no. Por lo tanto, los guisantes de invierno sin tratar suponen una alternativa a la soja perfectamente viable, si se adaptan según la cantidad de IP a las diferentes fases productivas.

4. La cantidad de GEC en la semilla de alberjón condiciona su inclusión en el pienso.

5. En fase de estárter la incorporación al pienso de un 5% de alberjones (con un máximo de 1,52% de GEC), aumenta significativamente el consumo y el crecimiento.

6. Porcentajes de alberjones superiores al 15% en la fase estárter empeoran el rendimiento al afectar negativamente en la palatabilidad del pienso.

7. La incorporación de alberjón en dietas de cerdo graso a nivel de un 5% no muestra diferencias significativas sobre los parámetros productivos con respecto a una dieta control basada en harina de soja; incluso, dicha incorporación en la primera fase del cebo (estárter o arranque) puede mejorar estos parámetros. Niveles superiores o iguales al 15% en los piensos empeoran todos los parámetros productivos durante las distintas fases de cebo.

8. La incorporación de un 15% de alberjones sin tratar con un 1,52% de GEC al pienso de cerdos grasos no varía el rendimiento productivo hasta los 82 días de edad, y cantidades del 5% de alberjón mejoran o mantienen el rendimiento productivo y la calidad de la canal y piezas nobles frente a un pienso basado en soja.

## 3. REFERENCIAS

- Arias-Royo, M., Tate, M., Enneking, D. 2006. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? Grain Legumes 47 – 3rd quarter 2006.
- Batterham, E. S., Saini, H. S., Andersen, L. M., Baigent, R. D. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). Journal of Science Food and Agriculture 61: 211–216.
- Bengala-Freire, J., Hulin, J. C., Peiniau, J., Aumaitre, A. 1989. Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage précoce du porcelet et conséquences sur les performances jusqu'à l'abattage. Journées de la Recherche Porcine en France 21: 75-82.
- Berger, J. D., Robertson, L. D., Cocks, P. S. 2003. Agricultural potencial of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Antinutritional factor concentration in the genus *Vicia*. Genetics Resources and Crop Evolution 50(5): 201-212.
- Brand, T. S., Brandt, D. A., Cruywagen, C. W. 2004. Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. South African Journal of Animal Science 34 (2): 116-122.
- Brooks, K. R., Wiegand, B. R., Meter, A. L., Petersen, G. I., Spencer, J. D., Winter, J. R., Robb, J. A. 2009. Inclusion of Yellow Field Peas and Carbohydrase Enzyme in Nursery Pig Diets to Improve Growth Performance. Professional Animal Scientist 25: 17-25.
- Caminero, C. 2002. Adaptación a la siembra invernal y tolerancia al frío en guisante (*Pisum sativum* L.), Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Spain. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Ed).
- Carrouée, B., Grosjean, F., Peyronnet, C., Weiss, P. 1994. Guisantes, utilización en alimentación animal. UNIP-ITCF, París. 96 pp.
- Castell, A. G., Guenter, W. 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. Animal Feed Science and Technology 60(3–4): 209–227.

- Champ, M. J. M. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition* 88(3): 307-319.
- Cisneros, F., Ellis, M., McKeith, M., McCaw, J., Fernando, R. L. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, comercial cutting and curing yields and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *Journal of Animal Science* 74: 925-933.
- de Mercado, E., Gómez-Fernández, J., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Evolución del crecimiento, calidad de la canal y de piezas nobles en cerdos grasos alimentados con guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuente proteica. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza 1: 171-173.
- Enneking, D. 1995b. The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA). Occasional Publication Nº 6. University of Western Australia. Nedlands W. A. (First edition, Enneking, D. (1994) PhD thesis, University of Adelaide).
- Enneking, D., Delaere, I. M., Tate, M. E. 1998.  $\gamma$ Glutamyl-S-Ethenyl-Cysteine: a dipeptide from *Vicia narbonensis*. *Phytochemistry* 48(4): 643-645.
- Enneking, D., Maxted, N. 1995. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). *Evolution of Crop Plants*, 2nd ed.; Smartt, J.; Simmonds, N. W. Longman: London, pp 316-321.
- Enneking, D., Wink, M. 2000. Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. In: Knight, R. (ed.) *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century*. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference. Adelaide 1997. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture* Vol. 34. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London pp. 375- 384.
- FEDNA, 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, J. Gasa, G. G. Mateos). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G.

- G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.
- Francis, C. M., Enneking, D., Abd El Moneim, A. 1999. When and where will vetches have an impact as grain legumes? In: Knight, R. (ed.) Linking Research and Marketing opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference, Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol. 34, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London, pp. 671-683.
- Gatel, F., Grosjean, F., Castaing, J. 1989. Utilisation par le porc charcutier de régimes à teneur élevée en pois de printemps (plus de 40%). Journées de la Recherche Porcine en France 21: 69-74.
- Gómez-Fernández, J., de Mercado, E., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Tomás, C., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2013. Empleo de guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuentes proteicas en dietas para cerdos grasos. Rendimiento productivo. XV Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza 1: 135-137.
- Gómez-Fernández, J., de Mercado, E., Tomás, C., Muzquiz, M., Guillamón, E., Varela, A., Martín, M., López-Nuez, P., Gómez-Izquierdo, E. 2015. Empleo de alberjón (*Vicia narbonensis*) y guisante (*Pisum sativum*) como fuentes proteicas en dietas para lechones en transición. Rendimiento productivo. Aceptado XVI Congreso ITEA-AIDA, Zaragoza.
- González-García, M, R. 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Grosjean, F., Bourdon, D., Theillaud-Ricca, V., Castaing, J., Beague, E. 1989. Comparaison des pois d'hiver et de printemps dans des aliments pour porcs charcutiers présentés en farine ou en granulés. Journées de la Recherche Porcine en France 21: 75-82.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Bogaert, C., Bourdillon, A., Peyronnet, C., le Guen, M. P., Williatte, I. 1997. Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40% de pois. Journées de la Recherche Porcine en France 29: 197-204.

- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B., Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 643-652.
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S. 2001. Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Livestock Research for Rural Development* 13(6): 56.
- Heng, L., Vincken, J. P., van Koningsveld, G. A., Legger, A., Gruppen, H., van Boekel, M. A. J. S., Roozen, J., Voragen, A. G. J. 2006. Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(8): 1225-1231. ISSN 0022-5142.
- Jaikaran, S., Colangelo, M., William, C. 2002. Growth and feed intake of growing pigs fed diets containing three varieties of field peas. *Advances in pork production* 13: Abs. 25.
- Kökten, K., Koçak, A., Bağci, E., Akçura, M., Çelik, S. 2010. Tannin, protein contents and fatty acid compositions of the seeds of several *Vicia* L, species from Turkey. *Grasas y Aceites*. 61(4): 404-408, doi: 10.3989/gya.021310.
- Latorre, M.A., Lázaro, R., Valencia, D. G., Medel, P., Mateos, G. G. 2004. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *Journal of Animal Science* 82: 526-533.
- Latorre, M. A., García-Belenguer, E., Ariño, L. 2008. The effect of sex and slaughter weight on growth performances and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *Journal of Animal Science* 86: 1933-1942.
- Latorre, M. A., Ripoll, G., García-Belenguer, E., Ariño, L. 2009. The increase of slaughter weight in gilts as strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. *Journal of Animal Science* 87: 1464-1471.
- Mathé, D., Monéger, R., Guillou, D. 2003. Effet du pois protéagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. *Journées de la Recherche Porcine en France* 35: 127-132.
- McLaughlin, C. L., Peikin, S. R., Baile, C. A. 1983. Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in Zucker rats. *Physiology and Behavior* 4: 487-91.

- Mosenthin, R., Jezierny, D. 2010. Nutritional significance of secondary plant metabolites in pigs and poultry. 19 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals Murska Sobota (Slovenia). 11-12 Nov 2010.- 978-961-90951-6-4.- pp. 227-236.
- Newman, D. J., Harris, E. K., Lepper, A. N., Berg, E. P., Stein, H. H. 2011. Effects of pea chips on pig performance, carcass quality and composition, and palatability of pork. *Journal of Animal Science* 89: 3132-3139.
- Njoka, J. G. 2008. Effects of feeding Iowa-grown field peas on finishing pig performance. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11367.
- Peinado, J., Serrano, M. P., Medel, P., Fuentetaja, A., Mateos, G. G. 2011. Productive performance, carcass and meat quality of intact and castrated gilts slaughtered at 106 or 122 kg BW. *Animal* 5: 1131-1140.
- Pisulewska, E., Pisulewski, P. M. 2000. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. *Animal Feed Science and Technology* 86: 261-265.
- Prandini, A., Sigolo, S., Morlacchini, M., Cerioli, C., Masoero, F. 2011. Pea (*Pisum sativum*) and faba bean (*Vicia sativa* L) seeds as protein sources in growing-finishing heavy pig diets: effect on growth performance, carcass characteristics and on fresh and seasoned Parma ham quality. *Italian Journal of Animal Science* 10: e45.
- Price, K. R., Griffiths, N. M., Curl, C. L., Fenwick, G. R. 1985. Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponin. *Food Chemistry* 17: 105-115.
- Serrano, M. P., Valencia, D. G., Fuentetaja, A., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2008. Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive management systems. *Meat Science* 80: 1122-1128.
- Stein, H. H., Benzoni, G., Bohlke, R. A., Peters, D. N. 2004. Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. *Journal of Animal Science* 82(9): 2568-2578.



- Stein, H. H., Everts, A. K. R., Sweeter, K. K., Peters, D. N., Maddock, R. J., Wulf, D. M., Pedersen, C. 2006. The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science* 84(11): 3110-3117.
- Stein, H., Peters, D. N. 2008. Effects of including field peas in diets fed to weanling pigs. *Journal of Animal Science* 86: E-Suppl, 2.
- Tate, M., Enneking, D. 2006. Vetches: from feed to food, Common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*): feed or future food? *Grain Legumes* N° 47 – 3rd quarter 2006.
- Valencia, D. G., Serrano, M. P., Centeno, C., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2008. Pea protein as a substitute of soya bean protein in diets for young pigs: effects on productivity and digestive traits. *Livestock Science* 118: 1-10.
- Wali, S. A., Hobi, A. A., Nouri, A. 2005. Some physiological and histological changes in the broilers fed gagon seeds (Narbon vetch). *Journal of Biological Sciences* 5(2): 111-113.

