

Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2015, 32: 325-344

Dietas bajas en proteína suplementadas con alcaloides para cerdas en crecimiento y finalización

Low-protein diets supplemented with alkaloids for growing and finishing gilts

J.A. Martínez Aispuro¹, J.L. Figueroa Velasco¹, J.L. Cordero Mora¹, A. Ruíz Flores², M.T. Sánchez-Torres Esqueda¹, M.E. Ortega Cerrilla¹

¹Programa de Ganadería. Colegio de Posgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. Tel. (595) 9520200 Ext. 1724, 1727. ²Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. CP 56230. Tel. y Fax (595) 9521621.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de cerdas en crecimiento y finalización, alimentadas con dietas bajas en proteína suplementadas con una mezcla comercial de alcaloides. En el experimento se utilizaron 20 cerdas cruzadas (Landrace×Yorkshire×Duroc) en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2x2, tanto en las etapas de crecimiento como en finalización; con un peso vivo inicial de 23,3±3,4 kg. Se evaluaron dos niveles de proteína (14,5 y 12,5% en crecimiento; y 12,0 y 9,5% en finalización) adicionadas con aminoácidos sintéticos, con o sin la inclusión de alcaloides. La inclusión de alcaloides a la dieta de crecimiento con 14,5% de PC aumentó la ganancia diaria de peso (GDP) ($P \leq 0,07$) y el consumo de alimento (CAL) ($P \leq 0,04$), mientras que para los animales alimentados con 12,5% no mostró ningún efecto ($P \geq 0,05$). En finalización, la GDP, el CAL, la conversión alimenticia (CA), y la ganancia de carne magra (GCM) no fueron afectados por la inclusión de alcaloides a la dieta ($P > 0,10$) en los dos niveles de PC. En ambas etapas disminuyó la concentración de urea en plasma al reducir la PC de la dieta. El uso de alcaloides en dietas con 14,5% proteína para cerdas en crecimiento mejora el comportamiento productivo; mientras que en finalización no mejoró la respuesta productiva ni las características de la canal de las cerdas.

Palabras clave: alcaloides, dietas con baja proteína, crecimiento, finalización, adicionadas.

Recibido el 31-05-2014 • Aceptado el 10-09-2015

Autor de correspondencia e-mail: aispuroalfredo_aispuro@yahoo.com

Abstract

The aim of this research was to evaluate the performance of growing-finishing gilts fed low-protein diets supplemented with a mixture of trading alkaloids. Twenty hybrid (Landrace×Yorkshire×Duroc) gilts of 23.3 ± 3.4 kg were randomly allotted to one of four diets in a 2×2 factorial arrangement to evaluate the effect of two low-protein diets (14.5 and 12.5% in growing; 12.0 and 9.5% in finishing phase) supplemented with crystalline amino acids, with or without the inclusion of alkaloids. Inclusion of alkaloids in 14.5% CP growing diet increased average daily gain ($P\leq 0.07$) and average daily feed intake ($P\leq 0.04$). In finishing phase the addition of alkaloids to low-protein diets did not affect any variable ($P> 0.10$). In both growing and finishing phases plasma urea nitrogen concentration decreased when crude protein was reduced in the diet. The use of alkaloids in 14.5% CP diets for growing gilts improved growth performance. For finishing gilts, feeding low-protein diets with alkaloids did not improve growth performance and carcass characteristics.

Key words: alkaloids, low-protein diets, finishing gilts.

Introducción

Los cerdos alimentados con dietas bajas en proteína (DBP) adicionales con aminoácidos (AA) sintéticos disminuyen la cantidad de nitrógeno presente en las excretas y reducen la pérdida de energía (Le Bellego *et al.*, 2003). La reducción del contenido de proteína cruda (PC) en dietas con base en cereal-pasta de soya evita la necesidad de eliminar el nitrógeno derivado de los excesos de AA que se observan en dietas estándar; también disminuye la necesidad desintetizar urea y excretarla en la orina. El porcentaje de PC en dietas sorgo-pasta de soya adicionales con AA sintéticos (lisina, treonina, metionina y triptófano) se ha reducido hasta en cuatro unidades porcentuales, aunque la respuesta productiva se ve afectada para cerdos en crecimiento y finalización (Figueroa-Velasco *et al.*, 2004). Martínez-Aispuro *et al.* (2009) reportan que al disminuir

Introduction

Gilts fed with diets low in protein (DLP) with synthetic amino acids (AA) reduce the quantity of nitrogen present in the wastes and reduce the energy loss (Le Bellego *et al.*, 2003). The reduction in the content of crude protein (CP) in diets based on soy cereal-pasta avoids the need of eliminating the nitrogen derived from the excesses of AA observed in the standard diets; also, reduce the need of degrade urea and excrete it through the urine.

The CP percentage in soy sorghum-pasta diets with synthetic AA (lysine, threonine, methionine and tryptophane) has reduced even into four percentage diets; however, the productive response is affected for growing-finishing gilts (Figueroa-Velasco *et al.*, 2004). Martínez-Aispuro *et al.* (2009) report that when reducing the quantity of protein (from 14.5 to

la cantidad de proteína (de 14.5 a 11.5%) para cerdos en crecimiento, la ganancia diaria de peso (GDP) disminuye. El consumo de alimento (CAL) no es afectado; mientras que la conversión alimenticia (CA) se incrementa a medida que se reduce el nivel de proteína. En la etapa de finalización, el CAL y la CA aumentan, mientras que la GDP y el área del músculo *longissimus* (AML) se reducen conforme disminuye la proteína de la dieta (de 14 hasta 9.5%; Figueroa *et al.*, 2008). Sin embargo, se observa un efecto positivo en la concentración de urea en plasma en ambas etapas, notándose una reducción conforme la cantidad de proteína en la dieta es menor (Figueroa *et al.*, 2008; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009). Por ello, se requieren alternativas que ayuden a optimizar el uso de la proteína disponible.

El uso de aditivos derivados de extractos vegetales (como los alcaloides) representa una alternativa. Los alcaloides *sanguinarine* y *chelerythrine*, son conocidos por sus funciones antibacteriales (Eisenberg *et al.*, 1991; Colombo y Bosisio, 1996; Newton *et al.*, 2002), antiinflamatorias (Lenfeld *et al.*, 1981; Tanaka *et al.*, 1993) e inmunoreguladoras (Agarwal *et al.*, 1991; Chaturvedi *et al.*, 1997). El alcaloide *sanguinarine* ha sido incorporado a dietas para cerdos en engorda para reducir la degradación de AA, incrementar el consumo de alimento y como promotor de crecimiento (Tschirner *et al.*, 2003); para promover el consumo de alimento en cerdos por efecto de la modulación triptófano-serotonina (Mellor, 2001); para mejorar la reten-

11.5%) in growing gilts, the daily gain weight (DGW) reduces.

The intake of food (CAL) is not affected; meanwhile, the food conversion (FC) increases as the protein level reduces. In the finishing phase, CAL and FC increase, while the DGW and the area of the *longissimus* muscle (ALM) reduce as the diet protein decrease (from 14 to 9.5%; Figueroa *et al.*, 2008). However, a positive effect is observed in the urea concentration in plasma in both phases, with a reduction as the protein in the diet gets lower (Figueroa *et al.*, 2008; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009). For that reason, alternatives are needed to optimize the use of available protein.

The use of additives derived from vegetal extracts (such as the alkaloids) represent an alternative. *Sanguinarine* and *chelerythrine* alkaloids are known by their antibacterial functions Eisenberg *et al.*, 1991; Colombo and Bosisio, 1996; Newton *et al.*, 2002), anti-inflammatory (Lenfeld *et al.*, 1981; Tanaka *et al.*, 1993) and immuneregulator (Agarwal *et al.*, 1991; Chaturvedi *et al.*, 1997). *Sanguinarine* alkaloid has been used in diets for gilts on fattening diets to reduce the degradation of AA; increase the food intake and to promote the growing (Tschirner *et al.*, 2003); to promote the food intake in gilts by effects of the modulation tryptophane-serotonin (Mellor, 2001); to improve the protein retention through the reduction of the decarboxylation of aromatic AA (phenylalanine, tyrosine and tryptophan), which apparently is due to the thermal inactivation (Drsata *et*

ción de proteína mediante la reducción de la descarboxilación de AA aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano), lo que aparentemente se debe a la inactivación térmica (Drsata *et al.*, 1996). Además, la descarboxilación de los AA aromáticos puede resultar en la producción de aminas biogénicas, por lo que una reducción de estos compuestos mejora la disponibilidad de nutrimentos esenciales (Roth y Kirchgessner, 1998) y reduce problemas de salud al animal.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo, las características de la canal y la concentración de urea en plasma de cerdas en engorda (crecimiento-finalización) alimentadas con dietas bajas en proteína adicionadas con AA sintéticos y alcaloides vegetales.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones porcícolas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Texcoco, Estado de México, localizada a 98° 48' 27" O y a 19° 48' 23" N y una altitud de 2241 m. El clima es de tipo Cb (Wo) (W) (i') g (García, 1988). El proceso experimental se realizó de acuerdo Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals (CIOMS 1986) y cumpliendo con la ley mexicana (NOM-062-Z00-1999) para el uso de animales en experimentación (DOF 2001).

Tratamientos. Los tratamientos estudiados estuvieron compuestos por la combinación de dos niveles bajos de proteína adicionadas con AA sintéticos, con o sin la inclusión de 2 kg.ton⁻¹ de un compuesto comercial

al., 1996). Also, descaboxylation of aromatic AA might result in the production of biogenic amine; thus a reduction of these compounds improves the availability of the essential nutrients (Roth and Kirchgessner, 1998) and reduces the health problems of the animal.

The aim of this research was to evaluate the productive behavior, the carcass characteristics and the urea concentration in plasma of fattening gilts (growing-finishing) fed with low-protein diets with synthetic AA and vegetal alkaloids.

Materials and methods

The experiment was carried out in the pig areas of the Autonomous University Chapingo, located in Texcoco, Mexico, at 98° 48' 27" W and at 19° 48' 23" N and an altitude of 2241 m. The weather is type CB (Wo) (W) (i') g (García, 1988). The experimental process was carried out according to the Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals (CIOMS 1986) and in agreement to the Mexican Law (NOM-062-Z00-1999) for the use of animals in experimentation (DOF 2001).

Treatments. The studied treatments were composed by the combination of two low levels of added protein with synthetic AA, with or without the inclusion of 2 ton⁻¹ kg of a commercial compound (*Prisma Jet*[®]) containing a mixture of alkaloids. Diets were formulated with the comando Solver of Excel (Microsoft Excel, 2007) to meet or exceed the requirements suggested by NRC (1998), except for crude protein (CP).

(*Prisma Jet*[®]) que contenía una mezcla de alcaloides. Las dietas fueron formuladas con el comando *Solver* de Excel (Microsoft Excel, 2007) para cubrir o excederlos requerimientos sugeridos por NRC (1998), excepto para proteína cruda (PC). Los tratamientos en crecimiento fueron: T1) dieta con 14,5% de PC; T2) dieta con 14,5% de PC e inclusión de alcaloides; T3) dieta con 12,5% de PC; T4) dieta con 12,5% de PC e inclusión de alcaloides. En finalización: T1) dieta con 12,0% de PC; T2) dieta con 12,0% de PC e inclusión de alcaloides; T3) dieta con 9,5% de PC; T4) dieta con 9,5% de PC e inclusión de alcaloides. Las dietas fueron formuladas con base en sorgo-pasta de soya, y adicionadas con AA sintéticos [L-lisina ·HCl (Ajinomoto Eurolysine S.A.S., Paris Cedex, France), L-treonina (ADM Co., Decatur, IL, USA), DL-metionina (DEGUSSA Co., Parsippany, NJ, USA), y L-triptofano (Ajinomoto Eurolysine S.A.S., Paris Cedex, France)] para cubrir los niveles recomendados por el NRC (1998); el nivel de energía metabolizable (3,265 Mcal kg⁻¹) se mantuvo constante para todos los tratamientos y etapas (cuadros 1 y 2). El periodo de evaluación fue de 35 d para ambas etapas (crecimiento y finalización).

Animales. Se utilizaron 20 cerdas híbridas (Landrace×Yorkshire×Duroc) para evaluar las etapas de crecimiento y finalización con un peso inicial de 23,3±3,4 kg. Se alojaron en corrales individuales equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso.

Variables de respuesta. Las variables de respuesta fueron: comportamiento productivo (consumo de ali-

The treatments on growth were: T1) diet with 14.5% CP; T2) diet with 14.5% of CP and inclusion of alkaloids; T3) diet with 12.5% of CP; T4) diet with 12.5% of CP and inclusion of alkaloids. At the finishing stage: T1) diet with 12.0% of CP; T2) diet with 12.0% of CP and inclusion of alkaloids; T3) diet with 9.5% of CP; T4) diet with 9.5% of CP and inclusion of alkaloids. Diets were formulated based on sorghum-soybean meal, and added with synthetic AA [L-lysine ·HCl (Ajinomoto Eurolysine S.A.S., Paris Cedex, France), L-threonine (ADM Co., Decatur, IL, USA), DL-methionine (DEGUSSA Co., Parsippany, NJ, USA), and L-tryptophan (Ajinomoto Eurolysine S.A.S., Paris Cedex, France)] to cover the levels recommended by the NRC (1998); the metabolizable energy (3.265 Mcal kg⁻¹) level remained constant for all treatments and phases (tables 1 and 2). The evaluation period was 35 d for both stages (growing-finishing).

Animals. 20 hybrid gilts were used (Landrace×Yorkshire×Duroc) to evaluate the growth and finishing stages with an initial weight of 23.3±3.4 kg. Gilts were accommodated in individual paddocks equipped with hopper-type eater and cup-type fountain. The food and water were offered to free access.

Response variables. The response variables were: productive performance (food intake, CAL, daily weight gain, DGW, food conversion, FC; gain of lean meat, GCM; and final live weight of gilts, LFW) and the carcass characteristics (back fat, initial DF [DFI] and end [FDF]; percentage of meat lean, initial PLM

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales para cerdos en crecimiento.**Table 1. Composition of the experimental diets for growing gilts.**

Ingrediente (%)	Tratamiento			
	T1	T2	T3	T4
Sorgo	81,590	81,164	86,354	87,016
Pasta de Soya	14,700	14,794	8,510	8,364
Aceite de soya	0,861	0,995	1,310	1,102
L-Lisina	0,453	0,452	0,471	0,473
DL-Metionina	0,023	0,023	0,053	0,052
L-Triptófano	0,001	0,001	0,217	0,219
L-Treonina	0,109	0,109	0,202	0,202
Premezcla de vitaminas ^A	0,150	0,150	0,150	0,150
Premezcla de minerales ^B	0,150	0,150	0,150	0,150
Alcaloides (Prisma Jet)	0,000	0,200	0,000	0,200
Sal común	0,300	0,300	0,300	0,300
CaCO ₃	0,874	0,871	0,669	0,829
Fosfato Dicálcico	0,788	0,791	1,615	0,943
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Análisis calculado (%)				
EM (Mcal/kg)	3,265	3,265	3,265	3,265
Proteína cruda	14,50	14,50	12,50	12,50
Ca total	0,60	0,60	0,60	0,60
P total	0,48	0,48	0,48	0,48
Lisina	0,95	0,95	0,95	0,95
Treonina	0,61	0,61	0,61	0,61
Triptófano	0,17	0,17	0,17	0,17
Metionina	0,25	0,25	0,25	0,25
Arginina	0,78	0,79	0,60	0,60
Histidina	0,36	0,36	0,30	0,30
Isoleucina	0,59	0,59	0,49	0,49
Leucina	1,49	1,49	1,34	1,34
Valina	0,68	0,68	0,57	0,57
Metionina+cistina	0,49	0,49	0,46	0,46
Análisis determinado %				
Proteína cruda	14,60	14,70	12,63	12,47
Ca total	0,63	0,60	0,67	0,65
P total	0,44	0,46	0,48	0,45

^AProporcionó por kg de alimento: vitamina A, 15000 UI; vitamina D3, 2500 UI; vitamina E, 37,5 UI; vitamina K, 2,5 mg; tiamina, 2,25 mg; riboflavina, 6,25 mg; niacina, 50 mg; piridoxina, 5 mg; cianocobalamina, 0,0375 mg; biotina, 0,13 mg; cloruro de colina, 563 mg; ácido pantoténico, 20 mg; ácido fólico, 1,25 mg. ^BAportó por kg de alimento: Fe, 150 mg; Zn, 150 mg; Mn, 150 mg; Cu, 10 mg; Se, 0,15 mg; I, 0,9 mg; Cr, 0,2 mg.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales para cerdos en finalización.**Table 2. Composition of the experimental diets for finishing gilts.**

Ingrediente (%)	Tratamiento			
	T1	T2	T3	T4
Sorgo	88,658	88,231	94,037	94,037
Pasta de Soya	7,611	7,704	0,000	0,000
Aceite de soya	0,735	0,869	1,628	1,866
L-Lisina	0,406	0,400	0,421	0,421
DL-Metionina	0,003	0,004	0,041	0,041
L-Triptófano	0,033	0,037	0,306	0,306
L-Treonina	0,108	0,108	0,223	0,223
Premezcla de vitaminas ^A	0,150	0,150	0,150	0,150
Premezcla de minerales ^B	0,150	0,150	0,150	0,150
Alcaloides	0,000	0,200	0,000	0,200
Sal común	0,400	0,400	0,400	0,400
CaCO ₃	0,967	0,965	0,826	0,943
F. Dicalcico	0,779	0,783	1,818	1,126
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Análisis Calculado (%)				
EM (Mcal/kg)	3,265	3,265	3,278	3,298
PC	12,00	12,00	9,50	9,50
Ca total	0,50	0,50	0,60	0,60
P total	0,45	0,45	0,50	0,50
Lisina	0,75	0,75	0,75	0,75
Treonina	0,51	0,51	0,51	0,51
Triptófano	0,14	0,14	0,14	0,14
Metionina	0,20	0,20	0,20	0,20
Arginina	0,58	0,58	0,36	0,36
Histidina	0,29	0,29	0,22	0,22
Isoleucina	0,48	0,48	0,35	0,35
Leucina	1,33	1,33	1,14	1,14
Valina	0,56	0,56	0,43	0,43
Metionina+cistina	0,40	0,40	0,36	0,36
Análisis determinado %				
Proteína cruda	11,95	12,20	9,64	9,73
Ca total	0,53	0,55	0,52	0,59
P total	0,45	0,42	0,49	0,48

^AProporcionó por kg de alimento: vitamina A, 15000 UI; vitamina D3, 2500 UI; vitamina E, 37,5 UI; vitamina K, 2,5 mg; tiamina, 2,25 mg; riboflavina, 6,25 mg; niacina, 50 mg; piridoxina, 5 mg; cianocobalamina, 0,0375 mg; biotina, 0,13 mg; cloruro de colina, 563 mg; ácido pantoténico, 20 mg; ácido fólico, 1,25 mg. ^BAportó por kg de alimento: Fe, 150 mg; Zn, 150 mg; Mn, 150 mg; Cu, 10 mg; Se, 0,15 mg; I, 0,9 mg; Cr, 0,2 mg.

mento, CAL; ganancia diaria de peso, GDP; conversión alimenticia, CA; ganancia de carne magra, GCM; y peso vivo final de los cerdos, PVF) y características de la canal (grasa dorsal, GD inicial [GDI] y final [GDF]; porcentaje de carne magra, PCM inicial [PCMI] y final [PCMF]; área del músculo *Longissimus dorsi*, AML inicial [AMLI] y final [AMLF]) y concentración de urea en plasma, CUP). Las variables GDP y CAL se midieron cada 7 d y con esta información se calculó la CA. La GD y AML se midieron utilizando un ultrasonido de tiempo real SonoVet 600 marca MEDISON (Medison, Inc., Cypress, California, USA) al inicio y al final de cada etapa. Con estos datos y con los PVI y PVF se calculó la GCM y el PCM utilizando la ecuación del National Pork Producers Council (1991).

Al final de cada etapa se obtuvieron muestras de sangre de la vena cava anterior con tubos *Vacutainer*[®] con heparina, que se colocaron en hielo hasta centrifugarse (centrifuga SIGMA 2-16k, Alemania) a 2500 g por 20 min, para separar el plasma del paquete celular. El plasma se transfirió a tubos de polipropileno y se almacenó en un congelador (EUR251P7W Tappan, Electrolux Home Products North America, USA) a -20°C hasta la determinación de la urea en plasma (Spectrophotometer Cary 1E UV vis, Varian, Australia; Chaney and Marbach 1962).

Análisis químicos. La proteína cruda fue determinada por el método de macrokjeldahl (AOAC, 1990). La concentración de calcio y fósforo fue determinada con un espectrofotómetro de absorción atómica (Karl *et al.*,

[IPLM] and end [FPLM]; muscle area *Longissimus dorsi*, initial ALM [IALM] and final [FALM]) and urea concentration in plasma (UCP). The DGW and CAL variables were measured every 7 d and AC was calculated with this information. DF and ALM were measured using a real-time SonoVet 600 brand MEDISON ultrasound (Medison, Inc., Cypress, California, USA) at the beginning and at the end of each stage. With this data and with the PVI and LFW were calculated the GCM and the PLM using the equation of the National Pork Producers Council (1991).

At the end of each stage blood samples from the cava vein were obtained with *Vacutainer*[®] tubes with heparin, which were placed on ice until centrifuged (centrifugal SIGMA 2-16k, Germany) at 2500 g for 20 min, to separate the plasma from the cell Pack. The plasma was transferred to polypropylene tubes and stored in a freezer (Electrolux Home Products North America, EUR251P7W Tappan, USA) at -20°C until the determination of urea in plasma (Spectrophotometer Cary 1E UV vis, Varian, Australia; Chaney and Marbach 1962).

Chemical analysis. Crude protein was determined by the macrokjeldahl method (AOAC, 1990). The concentration of calcium and phosphorus was determined with an atomic absorption spectrophotometer (Karl *et al.*, 1979; Perkin Elmer 4000, series Lambda 2, Perkin Elmer Inc., Norwalk, CT, USA). The determination of urea in plasma was carried out according to the methodology proposed by Chaney and Marbach (1962).

1979; Perkin Elmer 4000, serie Lambda 2, Perkin Elmer Inc., Norwalk, CT, USA). La determinación de la urea en plasma se realizó de acuerdo a la metodología planteada por Chaney y Marbach (1962).

Diseño y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 (2 niveles de PC y 2 niveles de alcaloides) para cada etapa. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones, 1 animal por repetición. En el experimento con los datos de las variables se realizó una ANAVAR mediante el procedimiento GLM y la comparación de medias se realizó con contrastes específicos para cada una de las variables de las etapas evaluadas ($P \leq 0,1$) para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS, 2010), utilizando el PVI como covariable.

Resultados y discusión

Crecimiento

La inclusión de los alcaloides a la dieta con 14,5% de PC (cuadro 3) aumentó la GDP ($P \leq 0,07$) y el CAL ($P \leq 0,04$), aunque el mayor consumo no se reflejó en una mejor CA ($P > 0,10$); ya que cuando se tiene más consumo de alimento se espera que exista mayor cantidad de nutrientes canalizados para el crecimiento del animal. Al adicionar los alcaloides a las dietas con 12,5% no se observó mejora en las variables productivas ($P > 0,10$). La GDP ($P \leq 0,05$), CA ($P \leq 0,10$) y GCM ($P \leq 0,05$) fueron afectadas negativamente por la reducción de PC en la dieta.

El AML final se redujo ($P < 0,10$) al disminuir la PC en las dietas (cuadro 4). La CUP disminuyó ($P < 0,10$)

Design and statistical analysis. A completely split plot randomized design was used 2×2 (2 levels of CP and 2 levels of alkaloids) for each stage. Each treatment had 5 replications, 1 animal per replicate. An ANAVAR was performed in the experiment with the data of the variables using the GLM procedure, and the mean comparison was carried out with specific contrasts for each of the variables of the evaluated phases ($P \leq 0.1$) for the statistical analysis the Statistical Analysis System program was used (SAS, 2010), using the PVI as a covariate.

Results and discussion

Growth

The inclusion of the alkaloids to the diet with 14.5% of CP (table 3) increased the DGW ($P \leq 0.07$) and the CAL ($P \leq 0.04$), while the greater consumption was not reflected in a better CA ($P > 0.10$); since when there is more food consumption it is expected that there is a greater amount of nutrients flowing to the growth of the animal. Adding the alkaloids to diets with 12.5% none improvement was observed in the productive variables ($P > 0.10$). The DGW ($P \leq 0.05$), CA ($P \leq 0.10$) and GCM ($P \leq 0.05$) were negatively affected by the reduction of CP in the diet.

The final ALM was reduced ($P < 0.10$) when reducing the CP in the diets (table 4). The UCP reduced ($P < 0.10$) when reducing the CP level in the diet of 14.5 to 12.5%. The use of the alkaloids did not influence the characteristics of the carcass or the UCP ($P > 0.10$) in both the gilts fed with

Cuadro 3. Comportamiento productivo de cerdas en crecimiento, alimentadas con dos niveles de proteína y dos niveles de alcaloides en dietas con baja proteína.

Table 3. Productive behavior of growing gilts fed with two protein levels and two levels of alkaloids in diets with low protein.

TRAT	PC (%)	Alcaloides (%)	GDP (kg.d ⁻¹)	Comportamiento productivo ^a				
				CAL (kg.d ⁻¹)	CA	PI (kg)	PF (kg)	GCM (kg)
1	14,5	0,0	0,654±0,052	1,476±0,077	2,279±0,143	22,400±1,679	46,159±1,901	0,299±0,022
2	14,5	0,2	0,801±0,051	1,729±0,076	2,177±0,140	25,000±1,678	51,946±1,876	0,340±0,022
3	12,5	0,0	0,600±0,059	1,493±0,088	2,566±0,162	2,600±1,938	44,802±2,164	0,256±0,025
4	12,5	0,2	0,629±0,051	1,504±0,077	2,397±0,141	25,150±1,678	45,941±1,887	0,262±0,023
Nivel de significancia estadística de los contrastes								
14,5% PC vs 12,5% PC			0,05	0,21	0,10		0,08	0,02
14,5% PC vs 14,5% PC + alcaloides			0,07	0,04	0,62		0,06	0,23
12,5% PC vs 12,5% PC + alcaloides			0,72	0,93	0,45		0,70	0,86
sin alcaloides vs. con alcaloides			0,15	0,15	0,40		0,13	0,37

^aEn todas las variables del comportamiento productivo se agregó el error estándar de la media (EEM). TRAT = Tratamiento, PC = Proteína cruda, GDP = Ganancia diaria de peso, CAL = Consumo de alimento, CA = Conversión alimenticia, PI = Peso inicial, PF = Peso final, GCM = Ganancia de carne magra.

Cuadro 4. Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdas en crecimiento, alimentadas con dos niveles de proteína y dos niveles de alcaloides en dietas con baja proteína.

Table 4. Characteristics of the carcass and urea concentration in plasma on growing gilts fed with two protein levels and two levels of alkaloids in diets with low protein.

		Características de la canal							
TRAT	PC	Alcaloides (%)	GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm ²)	AMLF (cm ²)	PCMI (%)	PCMF (%)	Urea mg.dL ⁻¹
1	14,5	0,0	1,85±0,21	3,74±0,37	10,54±0,59	19,74±1,11	47,24±1,02	43,89±0,50	10,17±1,45
2	14,5	0,2	2,17±0,20	4,56±0,36	10,87±0,58	22,12±1,10	44,68±1,01	43,18±0,49	10,72±1,41
3	12,5	0,0	2,41±0,24	3,87±0,42	10,78±0,67	18,57±1,26	45,43±1,17	43,38±0,57	4,76±1,75
4	12,5	0,2	1,91±0,21	3,79±0,36	10,54±0,59	18,47±1,10	45,52±1,02	42,98±0,49	5,74±1,64
Nivel de significancia estadística de los contrastes									
14,5% PC vs 12,5% PC				0,40		0,05		0,49	0,01
14,5% PC vs 14,5% PC + alcaloides				0,15		0,16		0,34	0,79
12,5% PC vs 12,5% PC + alcaloides				0,87		0,95		0,61	0,71
sin alcaloides vs. con alcaloides				0,38		0,37		0,33	0,64

En todas las variables del comportamiento productivo se agregó el error estándar de la media (EEM). TRAT = Tratamiento, PC = Proteína cruda, GDI = Grasa dorsal inicial, GDF = Grasa dorsal final, AMLI = Área del músculo *longissimus* inicial, AMLF = Área del músculo *longissimus* final, PCMI = Porcentaje de carne magra inicial, PCMF = Porcentaje de carne magra final.

cuando se redujo el nivel de PC en la dieta de 14,5 a 12,5%. El uso de los alcaloides no influyó en las características de la canal ni la CUP ($P>0,10$) tanto en las cerdas alimentadas con 14,5% como en las de 12,5% de PC.

En este experimento se utilizaron dos niveles de proteína (14,5 y 12,5%) para la etapa de crecimiento, ambos por debajo de lo recomendado por el NRC (1998). Estudios previos en los que se disminuyó la PC de la dieta hasta en cuatro unidades porcentuales con la adición de AA sintéticos para cerdos en crecimiento, se obtuvieron resultados similares en las variables productivas (Figuroa *et al.*, 2003; Figuroa-Velasco *et al.*, 2004). Sin embargo, en otros estudios en que se disminuyó más de 3,5 unidades porcentuales, se afectaron algunas de las variables productivas. Tuitoek *et al.* (1997) reportaron que no encontraron diferencias significativas en las variables productivas; resultados parecidos a los observados cuando se alimentaron cerdos con dietas reducidas hasta en 3,6 unidades porcentuales de PC. Saldaña *et al.* (2009), al reducir en cuatro unidades porcentuales el nivel de PC encontraron que no se afectó el CAL pero si la GDP y la CA en cerdos en crecimiento.

Los resultados del presente estudio confirman que la respuesta productiva se afecta con la reducción de PC en más de 3,5 unidades porcentuales, de tal manera que el objetivo principal del trabajo fue determinar si el uso de alcaloides compensaba dicha reducción. Sin embargo el uso de alcaloides en la dieta con 12,5% de PC no mejoró las variables productivas, debido probablemente a una baja concentración

14.5% and in those fed with 12.5% of CP.

In this experiment, two levels of protein (14.5 and 12.5%) were used for the growing stage, both below the recommended by NRC (1998). Previous studies in which the CP reduced in the diet even in four percentage units adding synthetic AA for growing pigs, and similar results were obtained in the productive variables (Figuroa *et al.*, 2003; Figuroa-Velasco *et al.*, 2004). Nevertheless, in other studies in which more than 3.5 percentage units were diminished, some of the productive variables got affected. Tuitoek *et al.* (1997) informed that none significant differences were found in the productive variables; similar results to the ones observed when gilts with reduced diets even in 3.6 percentage units of CP. Saldaña *et al.* (2009), on having reduced into four percentage units the CP level found that CAL was not affected but DGW and FC were affected in growing gilts.

The results of the current research confirm that the productive response is affected with the reduction of the CP in more than 3.5 percentage units, in such a way that the main objective of this research was to determine if the use of alkaloids offset this reduction. However, the use of alkaloids in the diet with 12.5% of CP did not improve the productive variables; probably due to a low concentration of some AA that limited the potential of the amino acids that were in an appropriate concentration. However, when alkaloids were used in the diet with 14.5% of CP, DGW and CAL could be improved since the concentration of CP was enough so

de algunos AA limito la potencialización de los aminoácidos que estaban en una concentración adecuada. Sin embargo, cuando se utilizaron alcaloides en la dieta con 14,5% de PC, la GDP y el CAL pudieron mejorarse debido a que la concentración de PC fue suficiente para que estos compuestos manifestaran una mejor utilización de los AA y se hubiera favorecido el estatus nutricional. Esto coincide con los resultados observados por Tschirner *et al.* (2003), quienes al adicionar alcaloides (*sanguinarine*) a dietas para cerdos en engorda, reportaron una reducción en la degradación de AA, incremento del CAL y actividad como promotor de crecimiento. Además, Vieira *et al.* (2008), al adicionar *sanguinarine* a dietas bajas en proteína para pollos de engorda, observaron que el impacto de reducir la PC en la dieta fue contrarrestado por el uso del aditivo, ya que las variables productivas no fueron afectadas ($P>0,05$) por la reducción de la PC.

El grosor de la GD final y la proporción de carne magra en la canal (PCM final) no fueron afectadas al reducir la proteína cruda de la dieta de 14,5 hasta 12,5%, lo cual coincide con lo encontrado por Figueroa *et al.* (2002, 2003), quienes redujeron la PC de 16 hasta 11% en dietas maíz-pasta de soya, y por Martínez-Aispuro *et al.* (2009) al disminuir la PC de 16,5 hasta 11,5% en dietas sorgo-pasta de soya. Sin embargo, Le Bellego *et al.* (2001) y Gómez *et al.* (2002) difieren de lo anterior, ya que al reducir la PC entre 3,6 y 5,0 unidades porcentuales, observaron un incremento en el grosor de la GD en cerdos en crecimiento, debido posiblemente a una mayor retención

these compounds demonstrate better utilization of the AA and it had favored the nutritional status. This agrees to the results observed by Tschirner *et al.* (2003), when adding alkaloids (*sanguinarine*) to diets for gilts in fattening, reported a reduction in the degradation of AA, increment of CAL and activity as a growth promoter. In addition, Vieira *et al.* (2008), by adding *sanguinarine* to low protein diets for broilers of fattening, observed that the impact of reducing the CP in the diet was countered by the use of the additive, since the productive variables were not affected ($P>0.05$) by the reduction of the CP.

The thickness of the final DF and the proportion of lean meat in the carcass (final PLM) were not affected by reducing the crude protein in the diet from 14.5 to 12.5%, which agrees to Figueroa *et al.* (2002, 2003), who reduced the CP from 16 to 11% in diets corn-pasta of soy, and Martínez-Aispuro *et al.* (2009) by reducing the CP from 16.5 to 11.5% on diets sorghum-pasta of soy. However, Le Bellego *et al.* (2001) and Gomez *et al.* (2002) differ from the latter, since, by reducing the CP from 3.6 to 5.0 percentage points, observed an increment in the thickness of the DF in growing gilts, possibly due to the increased retention of energy as fat with the use of diets low in protein.

Finishing

The DGW, CA, and the GCM (table 5) were not affected by the inclusion of alkaloids in the diets ($P>0.10$). The reduction of the CP content in the diets affected the DGW ($P\leq 0.06$) and the CAL ($P\leq 0.05$); nevertheless, this was not reflected in

de energía en forma de grasa con el uso de dietas bajas en proteína.

Finalización

La GDP, el CAL, la CA, y la GCM (cuadro 5) no se afectaron por la inclusión de alcaloides en las dietas ($P>0,10$). La reducción del contenido de PC en las dietas afectó la GDP ($P<0,06$) y el CAL ($P<0,05$); sin embargo, esto no se reflejó en una mayor CA. La GCM se redujo ($P<0,01$) al utilizar dietas con 12,5% de PC, igual que en la etapa de crecimiento.

Las GD final, PCM final y AML final no fueron afectadas ($P>0,10$) por la adición de alcaloides a la dieta (cuadro 6). El AML final se redujo ($P<0,01$) al disminuir la PC en las dietas, pero no afectó ($P>0,10$) la GD final ni el PCM final ($P>0,10$).

La respuesta nula con el uso de alcaloides durante la etapa de finalización probablemente se debe a que existe un nivel crítico en la reducción de proteína para que estos compuestos favorezcan el balance de AA en el tubo digestivo, por lo que si la PC se reduce por debajo de ese nivel no existe respuesta al uso de alcaloides. Vieira *et al.* (2008) realizaron un trabajo similar en pollos de engorda en el que adicionaron alcaloides a dietas bajas en proteína. Los pollos alimentados con un menor nivel de PC con la inclusión de alcaloides no presentaron diferencias significativas en la respuesta productiva comparada con aquellos que recibieron las dietas con mayor contenido de PC; sin embargo, al adicionar alcaloides al máximo nivel de PC las aves mejoraron las variables productivas. Esto probablemente es debido a que el uso de alcaloides en dietas bajas en proteína tiene un nivel óptimo que

a higher CA. The GCM reduced ($P<0.01$) when using diets with 12.5% of CP, as well as in the growing phase. The final DF, final PLM and final ALM were not affected ($P>0.10$) by the addition of alkaloids in the diet (table 6). The final ALM reduced ($P<0.01$) by decreasing the CP in the diets, but did not affect ($P>0.10$) the final DF nor the final PLM ($P>0.10$).

The null response with alkaloids during the finishing phase is probably due to that there is a critical protein reduction level so these compounds favor the AA balance in the digestive tract, thus if the CP is reduced below that level there is no response to the use of alkaloids. Vieira *et al.* (2008) performed a similar job in chickens for fattening in which added alkaloids to low protein diets. The chickens fed with a low CP level with the inclusion of alkaloids did not present significant differences in the productive response compared with those that received the diets with major CP content; nevertheless, adding alkaloids to the maximum CP level the birds improved the productive variables. This probably is because the use of alkaloids in diets low in protein with an ideal level that must be determined in further investigations. The FDF and the FPLM of the channel were not affected by the reduction of the CP in the diet of finishing gilts. It has been found that on having reduced in more than 6 percentage units the CP in the diet, there are no differences for these variables in gilts (Figuerola *et al.*, 2004; Zamora *et al.* 2009). The reduction of the final ALM when reducing the CP level is due to the fact that major concentration of some

Cuadro 5. Comportamiento productivo de cerdas en finalización, alimentadas con dos niveles de proteína y dos niveles de alcaloides en dietas con baja proteína.

Table 5. Productive behavior of finishing gilts fed with two protein levels and two levels of alkaloids in diets with low protein.

TRAT	PC (%)	Alcaloides (%)	GDP (kg.d ⁻¹)	CAL (kg.d ⁻¹)	CA	PI (kg)	PF (kg)	GCM (kg)
1	12,0	0,0	0,815±0,043	2,716±0,144	3,389±0,173	46,159±1,901	76,294±1,849	0,305±0,015
2	12,0	0,2	0,849±0,040	2,601±0,133	3,072±0,160	51,946±1,876	80,949±2,080	0,306±0,014
3	9,5	0,0	0,718±0,049	2,193±0,164	3,094±0,197	44,802±2,164	77,407±2,172	0,226±0,017
4	9,5	0,2	0,737±0,036	2,376±0,121	3,227±0,146	45,941±1,887	77,325±1,754	0,234±0,013
Nivel de significancia estadística de los contrastes								
12,0% PC vs 9,5% PC			0,06	0,05	0,73		0,53	0,01
12,0% PC vs 12,0% PC + alcaloides			0,54	0,54	0,18		0,15	0,98
9,5% PC vs 9,5% PC + alcaloides			0,75	0,37	0,58		0,98	0,71
sin alcaloides vs. con alcaloides			0,52	0,81	0,58		0,33	0,78

^yEn todas las variables del comportamiento productivo se agregó el error estándar de la media (EEM). TRAT = Tratamiento, PC = Proteína cruda, GDP = Ganancia diaria de peso, CAL = Consumo de alimento, CA = Conversión alimenticia, PI = Peso inicial, PF = Peso final, GCM = Ganancia de carne magra.

Cuadro 6. Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdas en finalización, alimentadas con dos niveles de proteína y dos niveles de alcaloides en dietas con baja proteína.
Table 6. Characteristics of the carcass and urea concentration in plasma on finishing gilts fed with two protein levels and two levels of alkaloids in diets with low protein.

		Características de la canal							
TRAT	PC (%)	Alcaloides (%)	GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm ²)	AMLF (cm ²)	PCMI (%)	PCMF (%)	Urea mg.dL ⁻¹
1	12,0	0,0	3,74±0,37	8,53±0,85	19,74±1,11	32,93±1,77	43,89±0,50	41,04±0,77	12,77±2,02
2	12,0	0,2	4,56±0,36	10,34±0,79	22,12±1,10	34,67±1,64	43,18±0,49	40,79±0,70	12,85±2,17
3	9,5	0,0	3,87±0,42	10,73±0,98	18,57±1,26	28,07±2,02	43,38±0,57	39,39±0,95	5,98±2,51
4	9,5	0,2	3,79±0,36	10,20±0,73	18,47±1,10	27,37±1,50	42,98±0,49	40,60±0,76	7,51±2,24
Nivel de significancia estadística (<i>P</i>) de los contrastes									
12,0% PC vs 9,5% PC				0,32		0,01		0,12	0,04
12,0% PC vs 12,0% PC + alcaloides				0,13		0,46		0,81	0,97
9,5% PC vs 9,5% PC + alcaloides				0,65		0,77		0,19	0,63
sin alcaloides vs. con alcaloides				0,45		0,76		0,24	0,71

En todas las variables del comportamiento productivo se agregó el error estándar de la media (EEM). TRAT = Tratamiento, PC = Proteína cruda, GDI = Grasa dorsal inicial, GDF = Grasa dorsal final, AMLI = Área del músculo *longissimus* inicial, AMLF = Área del músculo *longissimus* final, PCMI = Porcentaje de carne magra inicial, PCMF = Porcentaje de carne magra final.

debe determinarse en investigaciones futuras. La GD final y el PCM final de la canal no se afectaron por la disminución de la PC en la dieta de cerdos en finalización. Se ha encontrado que al disminuir en más de 6 unidades porcentuales la PC en la dieta no hay diferencias para estas variables en cerdos (Figueroa *et al.*, 2004; Zamora *et al.*, 2009). La reducción del AML final al disminuir el nivel de PC probablemente se debe a que se requiere mayor concentración de algunos AA para la síntesis de proteína muscular.

Urea en plasma

La concentración de urea en plasma (CUP) disminuyó ($P \leq 0,10$) cuando se redujo el nivel de PC de 14,5 a 12,5% PC en la etapa de crecimiento y en la etapa de finalización de 12,0 a 9,5% PC; mientras que la CUP no se afectó ($P > 0,10$) por el uso de alcaloides. Para ambas etapas la disminución de urea indica que la excreción de nitrógeno es menor al reducir la PC de la dieta; sin embargo, se deben adicionar AA sintéticos para no afectar la síntesis de proteína o provocar desequilibrios entre AA (Zervas y Zijlstra, 2002). Resultados previos a esta investigación (Figueroa *et al.*, 2002; Trujillo-Coutiño *et al.*, 2007; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009) indican que al reducir la proteína de la dieta disminuye la concentración de urea en plasma, lo cual indica una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno.

Conclusiones

La adición de alcaloides a dietas para cerdos en crecimiento con 14,5% de PC mejora el comportamiento productivo, sin embargo cuando se utili-

AA is needed for the synthesis of muscular protein.

Urea in plasma

The urea concentration in plasma (UCP) decreased ($P \leq 0.10$) when reducing the CP level from 14.5 to 12.5% CP in the growing phase, and in the finishing phase from 12.0 to 9.5% CP; while the UCP was not affected ($P > 0.10$) by the use of alkaloids. For both stages, the urea reduction indicates that the nitrogen excretion is less when reducing the the CP of the diet; however, synthetic AA must be added for not affecting the protein synthesis or to provoke imbalances between AA (Zervas and Zijlstra, 2002). Results prior to this research (Figueroa *et al.*, 2002; Trujillo-Coutiño *et al.*, 2007; Martínez-Aispuro *et al.* 2009) indicate that when reducing the protein from the diet, the urea concentration in plasma reduces, which indicates a major efficiency in the use of the nitrogen.

Conclusions

The addition of alkaloids to diets in growing gilts with 14.5% of CP improves the productive performance, however when used in diets with 12.5% of CP none benefit is obtained. For finishing gilts fed with diets low in protein (9.5 and 12% of CP), the addition of alkaloids does not improve the productive response.

End of english version

zan en dietas con 12,5% de PC no se obtiene ningún beneficio. Para cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína (9,5 y 12% de PC), la

adición de alcaloides no mejora la respuesta productiva.

Literatura citada

- Agarwal, S., M.A. Reynolds, S. Pou, D.E. Peterson, J.A. Charon, and J.B. Suzuki. 1991. The effect of sanguinarine on human peripheral blood neutrophil viability and functions. *Oral Microb. and Immu.* 6:51-61.
- Association of Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th Edn. Arlington, VA, USA. Pp. 128.
- Chaney, A.L., and E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130-132.
- Chaturvedi, M.M., A. Kumar, B.G. Darnay, G.B.N. Chainy, S. Agarwal, and B.B. Agarwal. 1997. Sanguinarine (pseudochelerythrine) is a potent inhibitor of NP-kappa B activation, I kappa B alpha phosphorylation, and degradation. *J. Biol. Chem.* 272:30129-30134.
- CIOMS (Council for International Organizations of Medical Sciences). 1986. "International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals". CIOMS, Geneva, Switzerland.
- Colombo, M.L., and E. Bosisio. 1996. Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae). *Pharmacol. Res.* 33:127-134.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. "Norma Oficial Mexicana-NOM-062-ZOO-1999: Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio". México, D.F.
- Drsata, J., J. Ulrichova, and D. Walterova. 1996. Sanguinarine and chelerythrine as inhibitors of aromatic amino acid decarboxylase. *J. Enzyme Inhib.* 10:231-237.
- Eisenberg, A.D., D.A. Young, J. Fan-Hsu, and L. M. Spitz. 1991. Interaction of sanguinarine and zinc on oral streptococci and actinomyces species. *Caries Res.* 25:185-190.
- Figueroa, J.L., A.J. Lewis, P.S. Miller, R.L. Fischer, R.S. Gómez, and R.M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diet or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80:2911-2919.
- Figueroa, J.L., A.J. Lewis, P.S. Miller, R.L. Fischer, and R.M. Diedrichsen. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81:1529-1537.
- Figueroa-Velasco, J.L., M. Cervantes-Ramírez, J.M. Cuca-García, y M. Méndez-López. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia.* 38:383-394.
- Figueroa, J.L., M. Martínez, J.E. Trujillo, V. Zamora, J.L. Cordero, and M.T. Sánchez-Torres. 2008. Plasma urea nitrogen concentration and growth performance of finishing pigs fed sorghum-soybean meal, low-protein diets. *J. Appl. Anim. Res.* 33(1):7-12.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). 4^a edición. México, D. F. 217 p.
- Gómez, R.S., A.J. Lewis, P.S. Miller, and H.Y. Chen. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80:644-653.
- Karl, R.F., L.R. McDowell, P.H. Miles, N.S. Wilkinson, J.D. Funk, y J.H. Corad. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2a Ed. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida. Gainesville. Florida, USA.

- Le Bellego, L., J. van Milgen, S. Dubois, and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 1259-1271.
- Le Bellego, L., C. Relandeau, y S. Van Cauwenberghe. 2003. Requerimientos de treonina para cerdos. Beneficios del aporte de L-treonina. Informe técnico No. 10. Ajinomoto Animal Nutrition. www.lysine.com. Accesado el 23 de Febrero del 2013.
- Lenfeld, J., M. Kroutil, E. Marsalek, J. Slavik, V. Preininger, and V. Simanek. 1981. Antiinflammatory activity of quaternary benzophenanthridine alkaloids from *Chelidonium majus*. *Planta Med.* 43:161-165.
- Martínez-Aispuro, M., J.L. Figueroa-Velasco, J.E. Trujillo-Coutiño, V. Zamora-Zamora, J.L. Cordero-Mora, M.T. Sánchez-Torres, y L. Reyna-Santamaría. 2009. Respuesta productiva y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento alimentados con dietas sorgo-pasta de soja con baja proteína. *Vet. Méx.* 40:27-38.
- Mellor, S. 2001. Natural appetisers from plants. *Feed Mix* 9:21-31.
- Microsoft Excel. 2007. Microsoft Corporation. 1985- 2001. USA. Redmond WA, USA.
- Newton, S.M., C. Lau, S.S. Gurcha, G.S. Besra, and C.W. Wright. 2002. The evaluation of forty plant species for *in vitro* antimycobacterial activities; isolation of active constituents from *Psoralea corylifolia* and *Sanguinaria canadensis*. *J. Ethnopharmacol.* 79:57-67.
- NPPC (National Pork Producers Council). 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council. Des Moines. IA, USA. Pp. 16.
- NRC (National Research Council). 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th ed. National Academy Press, Washington, D. C.
- Roth, F. X., and M. Kirchgessner. 1998. Organic acids as feed additives for young pigs: nutritional and gastrointestinal effects. *J. Anim. FeedSci.* 8:25-33.
- Saldaña, E., J. Figueroa, V. Zamora, M. Sánchez, y J. Cordero. 2009. Respuesta de porcinos en crecimiento alimentados con dietas a base de sorgo-pasta de soja con bajo nivel de proteína y suplementadas con manano-oligosacáridos o nucleótidos. *Rev. Fac. Agron.* 35:85-93.
- Statistical Analysis System (SAS). 2010. The SAS system for Windows V8. SAS 9.3 Institute, Cary, NC, USA.
- Tanaka, T., K. Metori, S. Mineo, M. Hirotani, T. Furuya, and S. Kobayashi. 1993. Inhibitory effects of berberine-type alkaloids on elastase. *Planta Medica* 59: 200-202.
- Trujillo-Coutiño, J.E., J.L. Figueroa-Velasco, M. Martínez- Aispuro, V. Zamora-Zamora, J.L. Cordero-Mora, M.T. Sánchez-Torres, M. Cuca-García, y M. Cervantes-Ramírez. 2007. Concentración de urea en plasma y respuesta productiva de cerdos en iniciación alimentados con dietas sorgo-pasta de soja bajas en proteína. *Agrociencia.* 41:597-607.
- Tuitoek, K., L.G. Young, F.M. de Lange, and B.J. Kerr. 1997. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.* 75:1575-1583.
- Tschirner, K., A. Susenbeth, and S. Wolffram. 2003. Influence of Sangrovit[®] supplementation on nitrogen balance and feed intake in growing pigs. 9. Symposium Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Disponible en: www.fal.de. Accesado el 1 mayo de 2012.
- Vieira, S.L., J. Berres, R.N. Reis, O. A. Oyarzábal, J.B.L. Coneglian, D.M. Freitas, J.E. M. Peña, and C. A. Torres. 2008. Studies with sanguinarine like alkaloids as feed additive in broiler diets. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10:67-71.
- Zamora, V., J.L. Figueroa, J.L. Cordero, M. Rugerio, L. Reyna y M.T. Sánchez-

Torres. 2009. Adición de glucomananos a dietas con baja proteína a base de sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento y finalización. Rev. Cient. FCV-LUZ 20:274-283.

Zervas, S., and R.T. Zijlstra. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. J. Anim. Sci. 80:3247-3256.