

Veterinaria México

Volumen 36
Volume

Número 1
Number

Enero-Marzo 2005
January-March

Artículo:

Efecto de diferentes cereales en dietas de iniciación para lechones sobre la digestibilidad de los nutrimentos y la preferencia alimentaria

Derechos reservados, Copyright © 200:
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

**Otras secciones de
este sitio:**

- 👉 [Índice de este número](#)
- 👉 [Más revistas](#)
- 👉 [Búsqueda](#)

***Others sections in
this web site:***

- 👉 [Contents of this number](#)
- 👉 [More journals](#)
- 👉 [Search](#)

Efecto de diferentes cereales en dietas de iniciación para lechones sobre la digestibilidad de los nutrimentos y la preferencia alimentaria

Effect of different cereals on nutrient digestibility and dietary preference in starter diets for piglets

Tércia Cesária Reis de Souza* Gerardo Mariscal Landín** Araceli Aguilera Barreyro*

Abstract

Two experiments were conducted using oats, high tannin sorghum (HTS), corn, and low tannin sorghum (LTS) in starter diets during the first 14 days after weaning. In the first experiment, 20 piglets weaned at 20.4 days were used to evaluate the effect of these cereals on total apparent digestibility of nutrients. The piglets were assigned to one of five diets: one corn-starch-based control diet containing casein and skimmed milk, and four experimental diets where one cereal substituted the corn starch. Feces were collected from each pig every day of the second week after weaning to measure the coefficient of apparent total digestibility (CaTD) of dry matter (DM), crude protein (CP), energy (E) and neutral detergent fiber (NDF). The experimental diets had a lower ($P < 0.001$) CaTDDM and CaTDCP than the control diet, except for oats CaTDCP. Corn and sorghum diets had similar CaTDDM, CaTDCP and CaTDE. CaTDNDF was lower ($P < 0.01$) in piglets fed oats and high tannin sorghum. Cereal inclusion in piglet's diets decreased energy digestibility ($P < 0.01$). The second experiment was a dietary preference test using the four cereal diets. Seventy-two piglets weaned at 21 days were used. The piglets expressed their dietary preference in descending order, as follows: oats, corn, low tannin sorghum and high tannin sorghum. It is concluded that oats stimulated early feed intake but that piglets had a better capacity to digest diets with high starch content and low levels of fiber and tannin, such as corn and sorghum diets, which are thus recommended for the post-weaning phase.

Key words: CEREALS, DIGESTIBILITY, WEANED PIGS, DIETARY PREFERENCE.

Resumen

Se realizaron dos experimentos en lechones con dietas a base de avena, sorgo alto en taninos (SAT), maíz y sorgo bajo en taninos (SBT) durante los primeros 14 días posdestete. El experimento uno fue una prueba de digestibilidad, en la cual se utilizaron 20 lechones de 20.4 días, con cinco tratamientos: dieta testigo con almidón de maíz, caseína y leche descremada, y cuatro dietas experimentales con los cereales en sustitución del almidón de maíz. Las heces de cada lechón se recolectaron diariamente durante la segunda semana posdestete para determinar el coeficiente de digestibilidad total aparente (CDTa) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y energía (EN). Las dietas experimentales tuvieron un menor CDTaMS y CDTaPC ($P < 0.001$) que la dieta testigo, con excepción del CDTaPC de la dieta con avena. Las dietas con maíz y sorgo tuvieron el CDTaMS, CDTa PC y CDTaEN similares. El CDTaFDN fue menor ($P < 0.01$) en dietas con avena y SAT. La inclusión de los cereales en las dietas de los lechones disminuyó la digestibilidad de la energía ($P < 0.01$). En el segundo experimento se utilizaron 72 lechones de 21 días, a los cuales se les aplicó una prueba de preferencia de las dietas cuya fuente de energía eran los cuatro cereales. Los lechones manifestaron su preferencia en el siguiente orden: avena, maíz, SBT y SAT. Se

Recibido el 12 de febrero de 2004 y aceptado 23 de agosto de 2004.

*Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. 16 de Septiembre 63 Ote., Colonia Centro, 76000, Querétaro, Querétaro, México.

**CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ajuchitlán, 76218, Querétaro, Querétaro, México.

Autor para correspondencia: Tércia Cesária Reis de Souza, Av. 16 de Septiembre 63 Ote., Colonia Centro, 76000, Querétaro, Querétaro, México. Tel. y Fax: 01442-2125494. E-mail: tercia@sunserver.uaq.mx

concluye que la avena estimuló el consumo precoz de alimento; sin embargo, los lechones destetados digirieron mejor las dietas ricas en almidón y con un bajo contenido de fibra y taninos, como el maíz y el sorgo, que son recomendados en la fase posdestete.

Palabras clave: CEREALES, DIGESTIBILIDAD, LECHONES RECIÉN DESTETADOS, PREFERENCIA ALIMENTARIA.

Introduction

The effects caused by the inclusion of leguminous, mainly soy bean, in starter diets for recently weaned piglets have been amply studied.¹⁻⁴ Nevertheless, the consequences of the use of cereals, that are ingredients present in these diets in a higher proportion have not been well evaluated in relation to the digestive usefulness of the nutrients at an early age. Cereal tannins⁴ and non-amylaceous polysaccharides^{5,6} may negatively affect the digestive use of the diet, which would limit its inclusion in rations for piglets in initial stages of feeding. The starter feed quality has been improved, during the last decades, in order to reduce these negative effects on young animals. Nevertheless, the problem of low feed consumption during the first week and low weight gain after early weaning are still big problems in pig production.⁷ Early solid food consumption depends on the appetite of the animals, the palatability of the feed that is being offered and how it is tolerated and digested by the piglet.⁸ Few studies have taken into consideration the flavor of the individual ingredients as a factor that may affect the level of consumption by piglets.⁹ Raw materials that go into pre-initiation feed may probably have an effect on the amount of feed that is consumed by piglets, if they are able to express a measurable preference for specific ingredients. Lactating and weaned piglets are capable of choosing, distinguishing and expressing their preference for diets that contain different cereals.⁹

Thus this work had as objective to know, in recently weaned piglets, the effect on the digestive use of nutrients and acceptability of feed of different cereals incorporated into the starter diet.

Material and methods

Two experiments were carried out to evaluate oats, corn and two sorghum hybrids as sources of carbohydrates in the diet of piglets during the first 14 days after weaning. In the first one the total apparent digestibility of the nutrients was studied and in the second one a feed preference test was performed. The experiments were carried out according to the Mexican Official Standard for the production, care and use of laboratory animals.¹⁰

Introducción

Los efectos de la incorporación de las leguminosas, principalmente de la soya, en las dietas de iniciación para lechones recién destetados han sido ampliamente estudiados.¹⁻⁴ Sin embargo, las consecuencias del uso de cereales, que son los ingredientes presentes en mayor proporción en estas dietas no han sido bien evaluadas respecto del aprovechamiento digestivo de los nutrimentos en una edad temprana. Los taninos⁴ y los polisacáridos no amiláceos de los cereales^{5,6} podrían afectar negativamente la utilización digestiva de la dieta, lo que limitaría su inclusión en las raciones para lechones en las fases iniciales de alimentación. Con el objetivo de disminuir estos efectos negativos en los animales jóvenes, en las últimas décadas se ha mejorado la calidad del alimento iniciador. Sin embargo, el problema del bajo consumo de alimento en la primera semana y la baja ganancia de peso posterior a los destetes precoces continúan siendo algunos de los mayores problemas para la producción porcina.⁷ El consumo precoz de alimento sólido depende del apetito, de la aceptabilidad de los alimentos que se ofrecen y del modo en que son tolerados y digeridos por el lechón.⁸ Pocos estudios han considerado el sabor de los ingredientes individualmente como un factor que puede afectar el nivel de consumo en los lechones.⁹ Probablemente las materias primas que constituyen los alimentos preiniciadores pueden tener un efecto sobre la cantidad de alimento consumido por los lechones, si éstos son capaces de expresar de una manera mensurable su preferencia por ingredientes específicos. Los lechones lactantes y destetados son capaces de elegir, distinguir y expresar su preferencia por dietas que contienen diferentes cereales.⁹

Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de diferentes cereales incorporados en la dieta de iniciación sobre la utilización digestiva de los nutrimentos y la aceptabilidad del alimento en lechones recién destetados.

Material y métodos

Se realizaron dos experimentos para evaluar la avena, el maíz y dos híbridos de sorgo como fuentes de carbohidratos en la dieta de lechones durante los primeros 14 días posdestete. En el primero se estudió

Experiment 1

The chemical composition of four cereals: oats (O), high tannin sorghum (HTS), corn (C) and low tannin sorghum (LTS), was determined in relation to dry matter and crude protein,¹¹ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and hemicellulose.¹² Additionally, in the sorghums the tannin content was measured¹³ (Table 1). After that, five treatments were established (Table 2), that consisted in: one a control diet (CD) made up of corn starch and a mix of dry powder milk (86%) and casein (14%), complemented with vitamins and minerals and the four others where starch was substituted by O, HTS, C and LTS. The energy provided by the corn starch in the control diet was estimated and the experimental diets were formulated to have the same quantity of energy coming from each cereal. The diets were balanced to provide the requirements of crude protein and digestible lysine as proposed by the NRC,¹⁴ based upon the concept of ideal protein,¹⁵ to prevent differences in the provision of amino acids from the different ingredients. Chromium oxide was used as digestibility marker at 3 g/kg.

Twenty castrated male piglets were used, weaned at 20.4 ± 1.4 days of age, with an average weight of 6.4 ± 0.9 kg. They were placed in individual cages lifted 50 cm from the floor and having a surface of 0.68 m^2 , equipped with an individual feeder, a nipple waterer and feces and urine collecting trays. Four blocks of five animals each were established, with an observation (piglet) per treatment per block. To form the blocks, the initial weight and litter of origin were considered. The piglets had free access to feed and water and they remained in the experiment during two weeks, the first was for adaptation to the cages and the diets and the second for the collection of individual feces. These were collected daily during seven consecutive days and immediately after were frozen at -20°C . Later the feces were homogenized and dried in a forced ventilation stove at 60°C , they were grounded using a 1 mm mesh.* Dry matter, crude protein,¹¹ chromium,¹⁶ gross energy by calorimetry¹⁷ and neutral detergent fibre (NDF)¹² were determined. The coefficient of apparent total digestibility was estimated¹⁸ (CaTD) for dry matter (DM), crude protein (CP), energy (E) and NDF of the diets, as well as the CaTD of the crude protein of the cereals by the difference method.¹⁹ The results were evaluated by means of a variance analysis according to the randomized blocks model, using the general lineal models procedure (GLM) of the SAS statistical software.²⁰ The comparison of the means was performed with the Student-Newman-Keuls test.²¹

la digestibilidad total aparente de los nutrimentos y en el segundo se realizó una prueba de preferencia alimentaria. Los experimentos se condujeron según la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.¹⁰

Experimento 1

En los cuatro cereales: avena (A), sorgo alto en taninos (SAT), maíz (M) y sorgo bajo en taninos (SBT), se determinó la composición química en términos de materia seca y proteína cruda,¹¹ fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosa.¹² Adicionalmente en los sorgos se midió el contenido de taninos¹³ (Cuadro 1). Posteriormente se conformaron cinco tratamientos (Cuadro 2), que consistieron en una dieta testigo (DT) compuesta por almidón de maíz y una mezcla de leche descremada en polvo (86%) y caseína (14%), complementada con vitaminas y minerales y cuatro dietas con los diferentes cereales, que sustituyeron al almidón: A, SAT, M y SBT. Se estimó la energía aportada por el almidón de maíz en la dieta testigo y las dietas experimentales se formularon para que la energía proveniente de cada cereal fuera la misma. Las dietas se balancearon para aportar los requerimientos de proteína cruda y lisina digestible propuestos por el NRC,¹⁴ basándose en el concepto de proteína ideal,¹⁵ para prevenir las diferencias en la aportación de los aminoácidos por los diferentes ingredientes. El óxido de cromo se empleó como marcador de digestibilidad a razón de 3 g/kg.

Se utilizaron 20 lechones machos castrados, destetados a los 20.4 ± 1.4 días de edad, con un peso promedio de 6.4 ± 0.9 kg, que fueron instalados en jaulas individuales, elevadas a 50 cm del piso, con una superficie de 0.68 m^2 , equipadas con un comedero individual, un bebedero de chupón y charolas recolectoras de heces y orina. Se constituyeron cuatro bloques de cinco animales cada uno, con una observación (lechón) por tratamiento por bloque. Para la conformación de los bloques se tomó en consideración el peso inicial del animal y la camada de origen. Los lechones tuvieron libre acceso a las dietas y agua, y permanecieron en el experimento durante dos semanas, la primera de adaptación a las jaulas y a las dietas, y la segunda para la recolección individual de heces. Éstas se recolectaron diariamente durante siete días consecutivos y se congelaron a -20°C inmediatamente después. Luego las heces se homogeneizaron y se secaron en estufa de ventilación forzada a 60°C , se molieron* empleando una malla de 1 mm. A las muestras de las dietas experimentales

*Retsch Mill Model ZM100.

Cuadro 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CEREALES ESTUDIADOS CHEMICAL COMPOSITION OF THE STUDIED CEREALS				
<i>Nutrient</i>	<i>Oats</i>	<i>High tannin sorghum</i>	<i>Corn</i>	<i>Low tannin sorghum</i>
Dry matter (%)	91.9	88.8	89.2	88.3
Crude protein (%) [*]	14.7	8.5	8.6	9.3
Tannins (%) [*]	-	4.2	-	0.02
Neutral detergent fiber (%) [*]	34.2	14.8	11.9	13.8
Acid detergent fiber (%) [*]	16.2	6.5	3.9	6.5
Hemicellulose (%) ^{**}	18.0	8.3	8.0	7.3

^{*} Values are presented on dry base.

^{**} Estimated values (NDF - ADF).

Cuadro 2 COMPOSICIÓN CENTESIMAL Y QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (EXPERIMENTO 1) CENTESIMAL COMPOSITION AND CHEMISTRY OF THE EXPERIMENTAL DIETS (EXPERIMENT 1)					
<i>Experimental diets</i>					
<i>Ingredients</i>	<i>Control diet</i>	<i>Oats</i>	<i>High tannin sorghum</i>	<i>Corn</i>	<i>Low tannin sorghum</i>
Corn starch	50.28	-	-	-	-
Cereal	-	54.76	55.18	52.92	55.18
Skimmed milk	38.09	34.86	34.39	36.44	34.39
Casein	6.22	5.69	5.62	5.95	5.62
Corn oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ortophosphate	1.21	0.47	0.56	0.49	0.56
Minerals [*]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Vitamins ^{**}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Zinc Oxide	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Antibiotic	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Chromium oxide	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Salt (NaCl)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calcium carbonate	--	0.02	0.05	--	0.05
Chemical analysis					
Dry matter (%)	95.1	95.6	93.5	94.4	94.7
Crude protein (%) ^{***}	19.7	24.9	21.5	23.3	22.5
NDF (%) ^{***}	--	18.2	7.7	5.9	6.9
ADF (%) ^{***}	--	8.1	3.1	1.8	3.0
ME (Mcal/kg) [†]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

^{*}Mineral complement given per kg of diet: Copper, 14.4 mg; iodine, 1.0 mg; iron, 120 mg; manganese, 36.0 mg; selenium 0.3 mg; zinc, 144.0 mg. ^{**}Vitamin complement that provides per kg of diet: Vitamin A, 10 200 IU; vitamin D, 1 980 IU; vitamin E, 60 IU; vitamin K, 1.20 mg; choline, 967 mg; niacin, 36 mg; pantothenic acid, 16.6 mg; riboflavin, 7.2 mg; thiamine, 0.3 mg; pyridoxine, 0.31 mg; biotin, 0.08 mg; folic acid, 0.75 mg; vitamin B₁₂, 40 µg. ^{***}Values on dry base. [†]Estimated value.

Experiment 2

Four experimental diets were formed that contained a base fraction, mixed with one of the cereals used previously (oats, high tanning sorghum –HTS–, corn and low tanning sorghum –LTS–), incorporated at a level of 50% (Table 3). The diets were balanced according to the concept of ideal protein,¹⁵ to prevent differences in the provision of amino acids by the different ingredients of the diets. The experimental procedure consisted in offering the different diets to the piglets, simultaneously in pairs, in the six possible combinations (LT sorghum/HT sorghum, oats /LT sorghum, LT sorghum/ corn, corn /HT sorghum, oats / corn and oats /HT sorghum). Immediately after weaning, at 21 ± 1.6 days of age, 72 Landrace $\times$ Duroc piglets, with an average weight of 6.1 ± 1.5 kg were randomly selected regardless of the sex. Three blocks of 24 piglets were formed according to their initial weight. The piglets of each block were randomly distributed in six pens with four animals each, with a total of three pens for each one of the six possible combinations, with the pen as the experimental unit. The pens were equipped with two feeders with three holes each and a

y heces se les determinó materia seca y proteína cruda,¹¹ cromo,¹⁶ energía bruta por calorimetría¹⁷ y fibra detergente neutro (FDN).¹² Se calculó el coeficiente de digestibilidad total aparente¹⁸ (CDTa) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía (EN) y FDN de las dietas, así como el CDTa de la proteína cruda de los cereales por el método de diferencia.¹⁹ Los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza según el modelo de bloques al azar, utilizando el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del paquete estadístico SAS.²⁰ La comparación de los promedios se realizó a través de la prueba de Student-Newman-Keuls.²¹

Experimento 2

Se conformaron cuatro dietas experimentales que contenían una fracción base, mezclada con uno de los cuatro cereales utilizados anteriormente (avena, sorgo alto en taninos –SAT–, maíz y sorgo bajo en taninos –SBT–), incorporados a un nivel de 50% (Cuadro 3). Las dietas se balancearon de acuerdo con el concepto de proteína ideal,¹⁵ para prevenir las diferencias en la aportación de los aminoácidos

Cuadro 3
COMPOSICIÓN CENTESIMAL Y ESTIMADA DE LAS DIETAS EXPERIMENTADAS
(EXPERIMENTO 2)
CENTESIMAL AND ESTIMATED COMPOSITION OF THE EXPERIMENTAL DIETS
(EXPERIMENT 2).

Ingredients	Experimental diets			
	Oats	High tannin sorghum	Corn	Low tannin sorghum
Cereal	50.00	50.00	50.00	50.00
Whey dry	18.17	18.17	18.17	18.17
SPI*	8.12	12.92	11.14	12.14
Soybean meal	12.00	8.03	9.50	8.80
SPC**	3.00	3.00	3.00	3.00
Vegetable oil	4.41	4.00	3.50	4.00
Orthophosphate	1.56	1.09	2.55	1.09
Ca carbonate	0.84	0.88	0.40	0.87
Minerals***	0.50	0.50	0.50	0.50
Vitamins†	0.50	0.50	0.50	0.50
Zinc oxide	0.40	0.40	0.30	0.40
Aureo SP250	0.30	0.30	0.24	0.30
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Methionine DL	--	0.01	--	0.01
Chemical analysis				
DM (%)	94.2	90.6	93.0	90.4
CP (%)‡	23.6	23.4	23.4	22.8
NDF (%)‡	17.5	7.9	7.46	7.42
ADF (%)‡	8.6	3.9	2.53	2.71

*Soybean protein isolate. **Soybean protein concentrate. ***Copper, 14.4 mg; iodine, 1.0 mg; iron, 120 mg; manganese, 36.0 mg; selenium, 0.3 mg; zinc, 144.0 mg. † Vitamin complement that provides per kg of diet: Vitamin A, 10 200 IU; vitamin D, 1 980 IU; vitamin E, 60 IU; vitamin K, 1.20 mg; choline, 967 mg; niacin, 36 mg; pantothenic acid, 16.6 mg; riboflavin, 7.2 mg; thiamine, 0.3 mg pyridoxine, 0.31 mg; biotin, 0.08 mg; folic acid, 0.75 mg; vitamin B₁₂, 40 µg. ‡ Values on dry base.

nipple waterer. Each corresponding diet combination was placed in each of the feeders that were placed on opposite sides of the pens. Every other day the feeders were changed from their position in the pen to avoid consumption associated with their location. The relative preference (RP) between both diets tested simultaneously was defined as the expression of the relative consumption between them,⁹ during both study periods (weeks one and two after weaning). Water and feed were offered freely. The piglets were weighed at weaning and at the end of each experimental week, to estimate the average daily weight gain per pen. The amount of feed intake was calculated as the difference between the amounts offered and rejected between days 0 to 7 and 7 to 14 after weaning. Each percentage value of RP was transformed using the arc sine transformation of the square root;²¹ variance analysis was done using the RP transformed values, the daily feed intake (DFI) and average daily weight gain (DWG) using the GLM procedure of the SAS statistical software.²⁰ The differences between means were analyzed with the Scheffe test.⁹ The differences in DFI and RP between both diets of each combination were evaluated by the "T" test.²¹ Also, a range test²¹ was performed to establish the order of preference for the cereals.

Results

Experiment 1

During the test the animals were in a good state of health, without diarrhea. At the end of the experiment the piglets had an average weight of 8.2 ± 0.3 kg and no differences ($P > 0.05$) were observed among treatments. Average daily feed intake also did not vary ($P > 0.05$) among treatments and was considered acceptable for piglets raised in individual cages. Table 4 shows the results of nutrient digestibility. The animals fed with the control diet (starch) had a higher ($P < 0.001$) CaTDDM (91.4%) than the rest. The diet with oats (O) had the lowest CaTDDM (72.6%). Total apparent digestibility of the NDF was greater in the diets with corn and LT sorghum than in the diets with HT sorghum and oats ($P < 0.01$). The addition of cereals reduced ($P < 0.01$) the coefficient of digestibility of energy in the diets (79.0 % on average) in comparison with the control diet (93.5%). The diets complemented with cereals had a lower digestibility of protein ($P < 0.001$) than the control diet, with the exception of the one containing oats, that had a CaTDCP similar to the control diet. Total apparent digestibility of crude protein of oats was higher ($P < 0.01$) than the rest of the cereals that were studied.

por los diferentes ingredientes de las dietas. El procedimiento experimental consistió en ofrecer a los lechones las diferentes dietas en pares y de forma simultánea, en sus seis combinaciones posibles (sorgo BT/sorgo AT, avena/sorgo BT, sorgo BT/maíz, maíz/sorgo AT, avena/maíz y avena/sorgo AT). Inmediatamente después del destete, realizado a los 21 ± 1.6 días de vida, se seleccionaron al azar 72 lechones Landrace $\times$ Duroc de sexo indistinto, con un peso promedio de 6.1 ± 1.5 kg. Se constituyeron tres bloques de 24 lechones de acuerdo con su peso inicial. Los lechones de cada bloque se distribuyeron al azar en seis corrales con cuatro animales cada uno, con un total de tres corrales para cada una de las seis combinaciones posibles; siendo la unidad experimental el corral. Los corrales se equiparon con dos comederos de tres bocas y un bebedero de chupón. Cada dieta de la combinación correspondiente se colocó en uno de los dos comederos dispuestos en lugares opuestos de las jaulas. A cada tercer día se cambiaban de posición los comederos en el corral, para evitar el consumo asociado con el lugar en que éstos estaban. La preferencia relativa (PR) entre dos dietas probadas simultáneamente, se definió como la expresión del consumo relativo entre ellas,⁹ durante los dos periodos de estudio (semanas uno y dos posdestete). El agua y las dietas se ofrecieron a libertad. Los lechones se pesaron al destete y al final de cada semana experimental, para calcular las ganancias diarias de peso promedio por corral. La cantidad de alimento consumido se calculó por la diferencia entre la cantidad ofrecida y la rechazada entre los días 0 a 7 y 7 a 14 posdestete. A cada valor porcentual de PR obtenido se le hizo la transformación arcoseno de su raíz cuadrada,²¹ y el análisis de varianza se efectuó utilizando los valores transformados de la PR, del consumo diario de alimento (CDA) y de la ganancia diaria de peso (GDP), utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS.²⁰ Las diferencias entre los promedios se analizaron con la prueba de Scheffe.⁹ Las diferencias en el CDA y la PR entre dos dietas de cada combinación se evaluaron por la prueba de "T".²¹ Asimismo, se realizó la prueba de rango²¹ para establecer el orden de preferencia de los cereales.

Resultados

Experimento 1

Durante la prueba los animales estuvieron en buen estado de salud, sin diarreas. Al final del experimento, los lechones tuvieron un peso promedio de 8.2 ± 0.3 kg y no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. El consumo diario promedio de

Cuadro 4
 COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE (CDTA) DE LA MATERIA SECA (MS),
 FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN), PROTEÍNA CRUDA (PC)
 Y ENERGÍA (EN) (EXPERIMENTO 1)
 COEFFICIENT OF APPARENT TOTAL DIGESTIBILITY (CaTD) OF DRY MATTER (DM),
 NEUTRAL DETERGENT FIBER (NDF), CRUDE PROTEIN (CP) AND
 ENERGY (E) (EXPERIMENT 1)

<i>aTDC</i>	<i>Diets</i>					<i>Statistical analysis</i>	
	<i>CD</i>	<i>Oats</i>	<i>HT Sorghum</i>	<i>Corn</i>	<i>LT Sorghum</i>	<i>Diet</i>	<i>SEM*</i>
Diets							
CaTDDM	91.4 ^a	72.6 ^c	79.5 ^b	80.5 ^b	76.3 ^b	P < 0.001	0.8
CaTDNDF	-	49.1 ^b	48.8 ^b	87.6 ^a	83.0 ^a	P < 0.01	3.8
CaTDE	93.5 ^a	75.1 ^b	79.9 ^b	82.7 ^b	78.3 ^b	P < 0.01	1.2
CaTDCP	86.2 ^a	83.3 ^a	75.0 ^b	76.4 ^b	76.4 ^b	P < 0.001	0.6
Cereal							
CaTDCP	--	77.1 ^a	37.6 ^b	42.7 ^b	45.7 ^b	P < 0.01	2.7

*Standard error of the mean. CD = control diet. HT = high tannin. LT = low tannin.

^{a b c} Values with different letters on the same line differ significantly.

Cuadro 5
 PREFERENCIA RELATIVA (PR) Y CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO (CDA) DE LAS
 COMBINACIONES DE DIETAS (EXPERIMENTO 2)
 RELATIVE PREFERENCE (RP) AND DAILY FEED CONSUMPTION (DFC) OF THE DIET
 COMBINATIONS (EXPERIMENT 2)

<i>Diets</i>	<i>RP</i> (%)	<i>Level of</i> <i>significance</i>	<i>DFI</i> (g/day)	<i>Level of significance</i>
Week 1				
LTSorghum/HTSorghum	80.1/19.9	P < 0.05	91/24	P < 0.05
Oats/LTSorghum	88.0/12.0	P < 0.01	107/15	P < 0.05
LTSorghum/Corn	56.4/43.6	NS	99/71	NS
Corn /HTSorghum	75.7/24.3	P = 0.11	122/45	P < 0.05
Oats/Corn	59/41	NS	56/78	NS
Oats/HTSorghum	79.9/20.1	P < 0.05	115/30	P < 0.05
Week 2				
LTSorghum/HTSorghum	63.6/36.4	NS	173/103	NS
Oats/LTSorghum	66.9/33.1	NS	161/81	NS
LTSorghum/Corn	50.9/49.1	NS	136/134	NS
Corn /HTSorghum	58.7/41.3	P = 0.05	168/118	P < 0.05
Oats/Corn	60.9/39.1	NS	149/110	NS
Oats/HTSorghum	67.2/32.8	P = 0.05	166/83	P < 0.05
Total period				
LTSorghum/HTSorghum	69.2/30.8	P = 0.06	126/58	P < 0.05
Oats/LTSorghum	75.7/24.3	P < 0.05	130/43	P < 0.01
LTSorghum/Corn	53.9/46.1	NS	115/98	NS
Corn /HTSorghum	65.5/34.5	P < 0.05	142/76	P < 0.05
Oats/Corn	60.2/39.8	NS	109/79	NS
Oats/HTSorghum	72.3/27.7	P < 0.01	137/52	P < 0.05

HT = high tannins. LT = low tannins. NS = not significant

Cuadro 6

CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO (CDA), PREFERENCIA RELATIVA (PR) POR LAS DIETAS Y RANGO DE PREFERENCIA (EXPERIMENTO 2)
DAILY FEED INTAKE (DFI), RELATIVE PREFERENCE (RP) FOR THE DIETS AND RANGE OF PREFERENCE (EXPERIMENT 2)

Variables	Diets				Statistical analysis	
	Oats	HT Sorghum	Corn	LT Sorghum	Diet	SEM
Week 1						
DFI (g/day)	100 ^a	33 ^b	83 ^{ab}	68 ^{ab}	P < 0.05	7.4
RP (%)	75.6 ^a	21.4 ^b	53.4 ^{ab}	49.5 ^{ab}	P < 0.01	4.8
Range	4	1	3	2	--	--
Week 2						
DFI (g/day)	159 ^a	101 ^b	137 ^{ab}	130 ^{ab}	P < 0.05	6.6
RP (%)	64.9 ^a	36.8 ^b	48.9 ^{ab}	49.2 ^{ab}	P < 0.01	2.3
Range	4	1	2	3	--	--
Total period						
DFI (g/day)	125 ^a	62 ^b	106 ^{ab}	94.7 ^{ab}	P < 0.05	6.7
RP (%)	69.4 ^a	31.0 ^b	50.5 ^{ab}	49.1 ^{ab}	P < 0.01	3.2
Range	4	1	3	2	--	--

HT = high tannins. LT = low tannins. SEM = Standard Error of the Mean

^{a,b} Values with different letters on the same line differ significantly.

Cuadro 7

GANANCIAS DIARIAS DE PESO (GDP) EN LOS PRIMEROS 14 DÍAS POSDESTETE
(EXPERIMENTO 2)
DAILY WEIGHT GAIN (DWG) DURING THE FIRST 14 DAYS AFTER WEANING
(EXPERIMENT 2)

DWG (g/day)	Diet combinations							Statistics	
	LT	sorghum	Oats	LT sorghum	Corn	Oats	Oats	Effect	SEM
	HT sorghum	LT sorghum	Corn	HT sorghum	Corn	HT sorghum	Diets		
0-7 Daw	10	31	50	61	19	24	NS	5.6	
7-14 Daw	205	168	197	198	231	181	NS	7.5	
0-14 Daw	113	111	131	136	127	114	NS	5.5	

SEM = Standard Error of the mean. NS = not significant. HT = high tannins. LT = low tannins.

Daw = Days after weaning.

Experiment 2

Table 5 shows the results of relative preference and daily feed intake by week consumption of the diets that were offered in pairs to the piglets. During the first week after weaning the piglets showed a preference for one of the two diets given to them, they preferred oats to LT sorghum ($P < 0.01$) and HT sorghum ($P < 0.05$). Piglets preferred LT sorghum to HT sorghum ($P < 0.05$) and there was a tendency ($P = 0.11$) to prefer corn to HT sorghum. No preferences were observed in the combinations corn-oats and corn-LT sorghum. During the second week, the preference for corn in relation to HT sorghum was significant ($P =$

alimento tampoco varió ($P > 0.05$) entre tratamientos y fue considerado aceptable para lechones alojados en jaulas individuales. El Cuadro 4 muestra los resultados de la digestibilidad de los nutrimentos. Los animales que consumieron la dieta testigo (con almidón) tuvieron un mejor ($P < 0.001$) CDTaMS (91.4%) que los demás. La dieta con avena (A) presentó el menor CDTaMS (72.6%). La digestibilidad total aparente de la FDN fue mayor en las dietas con maíz y sorgo BT que en las dietas con sorgo AT y avena ($P < 0.01$). La adición de cereales disminuyó ($P < 0.01$) el coeficiente de digestibilidad de la energía de las dietas (79.0% en promedio) en comparación con la dieta testigo (93.5%). Las dietas complementadas con

0.05), and the difference between diets with HT sorghum and oats persisted ($P = 0.05$). Preference for one of the diets was not observed among the other combinations of pairs. Thus, in the whole period (0-14 days post-weaning), there was preference for oats in relation to LT sorghum ($P < 0.05$) and HT sorghum ($P < 0.01$). In the combination of diets LT sorghum/HT sorghum there was a tendency to prefer LT sorghum ($P = 0.06$). The relative preference for each diet (Table 6) shows that the diet most highly preferred during the first week after weaning was the one that contained oats (75.6 %), and the one least preferred was the one that contained HT sorghum (21.4%). The range test in this week classified the oats diets as the one with greater preference, followed by corn, LT sorghum and finally, HT sorghum. During the second week similar results were observed. The diet that contained oats was the preferred one (64.9%) and the one least preferred was the one that contained HT sorghum (36.8%). Diets with corn and LT sorghum had similar preference averages (48.9% and 49.2% for corn and HT sorghum respectively). In the classification by range, during the second week, an inversion was observed between the LT sorghum that was the second one most preferred and the corn diet. During the whole period, the results of the preference for the diets and the classification by range were similar to the results of the first week. The daily feed intake followed the same relative preference behavior, and the oats diet was the one most consumed and the HT sorghum the one least consumed, in both experimental weeks as well as during the total period (Table 6). The diets with corn and sorghum had intermediate intake. In relation to the daily weight gain (DWG) an effect of the combination of diets consumed by the pigs during the experimental period was not observed ($P > 0.05$) (Table 7), even though there was numeric differences among treatments. The DWG per pen were on average 33 ± 19 , 202 ± 17 and 117 ± 18 g/day for the first and second weeks after weaning and the whole period, respectively.

Discussion

The dietary fibre that comes from cereals is resistant to enzymatic digestion at the intestinal level, but susceptible to bacterial fermentation; and therefore, it is expected that the increment in fibre levels of the feed results in an increase of the total number of intestinal bacteria.²² Classic studies on the digestive use of nutrients in piglets employ total digestibility, which has a global significance in the evaluation of the raw materials,²³ since it estimates the utilization of the nutrients in all the digestive tract. This method takes into consideration the microbial activity that

cereales tuvieron una menor ($P < 0.001$) digestibilidad de la proteína que la dieta testigo, con excepción de la que contenía avena, la cual tuvo un CDTaPC similar al de la dieta testigo. La digestibilidad total aparente de la proteína cruda de la avena fue mayor ($P < 0.01$) que la de los demás cereales estudiados.

Experimento 2

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la preferencia relativa y consumo diario semanal de las dietas que se ofrecieron en pares a los lechones. Se observó que los animales durante la primera semana posdestete manifestaron su preferencia por una de las dos dietas presentadas, prefiriendo la avena al sorgo BT ($P < 0.01$) y AT ($P < 0.05$). Los lechones prefirieron el sorgo BT al sorgo AT ($P < 0.05$) y hubo una tendencia ($P = 0.11$) a preferir el maíz al sorgo AT. En las combinaciones maíz-avena y maíz-sorgo BT no se observaron preferencias. En la segunda semana, la preferencia por el maíz respecto al sorgo AT fue significativa ($P = 0.05$), y la diferencia entre las dietas con avena y sorgo AT persistió ($P = 0.05$). Entre las demás combinaciones no se observaron preferencias por alguna de las dietas de los pares empleados. Así, en el periodo total (0 a 14 días posdestete), hubo mayor preferencia por la avena que por el sorgo BT ($P < 0.05$) y el sorgo AT ($P < 0.01$). En la combinación de dietas sorgo BT/sorgo AT hubo una tendencia a preferir el sorgo BT ($P = 0.06$). La preferencia relativa por cada dieta (Cuadro 6) mostró que la dieta de mayor preferencia en la primera semana posdestete fue la que contenía avena (75.6%), y la de menor preferencia fue la que contenía sorgo AT (21.4%). La prueba de rango en esta semana clasificó la dieta con avena como la de mayor preferencia, seguida de la de maíz, sorgo BT y finalmente, la de sorgo AT. En la segunda semana se observaron resultados similares a los de la primera. La dieta que contenía avena fue la preferida (64.9%) y la de menor preferencia fue la que contenía sorgo AT (36.8%). Las dietas con maíz y sorgo BT tuvieron promedios de preferencia similares (48.9% y 49.2% para las dietas con maíz y sorgo AT, respectivamente). En la clasificación por rango, en la segunda semana, se observó una inversión entre la dieta con sorgo BT, que fue la segunda más preferida, y la dieta con maíz. En el periodo total, los resultados de la preferencia por las dietas y la clasificación por rango fueron similares a los de la primera semana. El consumo diario de alimento siguió el mismo comportamiento de la preferencia relativa, y fue la dieta con avena la más consumida, y la dieta con sorgo AT la de menor consumo, tanto en las dos semanas experimentales como en el periodo total (Cuadro 6). Las dietas con maíz y sorgo tuvieron consumos

takes place in the large intestine,²⁴⁻²⁶ since in that manner the estimate of the digestibility of energy, of the fibre fractions and therefore the dry matter of diets is more adequate. The results indicate that the dry matter of the control diet, rich in corn starch, was the most digestible, due to the high ileal digestibility of corn starch and casein.^{27,28} In consequence, there was a smaller amount of available nutrients for the metabolic activity of the bacteria present in the posterior digestive tract of the piglets.²⁹ The addition of cereals negatively affected the dry matter digestibility and this was most evident in the case of the diet with oats (O), which could be related to its higher content in NDF and ADF (Table 2), since piglets have a low capacity to digest insoluble fibre,⁴ which implies a greater availability of this substrate for bacterial fermentation³⁰ at the posterior part of the digestive tract. The diets with corn and HT and LT sorghum with a low content of NDF, had a greater digestibility of dry matter than the diet with oats. In relation to the diet with high tannin sorghum, the low amount of CATD of NDF could be due to the inhibition that tannins have on the bacteria responsible for the degradation of the fiber fractions, as is reported by some authors.^{31,32}

The digestibility of crude protein is related to the differences in composition of the experimental diets in relation to the source, content and quality of the crude protein. When the control diet (CD) was given, a better digestion and absorption was observed due to its type of protein exclusively of dairy origin and high digestibility.^{33,34} The same thing happened in the case of the oats diet, whose protein was more digestible. The addition of protein from sorghum or corn to the casein and skimmed milk caused a reduction of the digestibility of the crude protein. In the case of sorghum, this reduction could be associated with its protein profile since it has been reported that the kafirins of the sorghum are resistant to the action of pepsin,³⁵ as well as to the increase of endogenous nitrogen excretion caused by the tannins.³⁶ The non-amylose polysaccharides of cereals had a negative effect on energy digestibility,^{11,37} which was reduced in relation to the control diet, that contained corn starch. Sorghum and corn are the main sources of carbohydrate for pigs, and therefore the knowledge of how piglets appreciate these cereals is very interesting, since the palatability of the ingredients of the diet may be an important factor to stimulate the early intake of solid feed in the initial rearing phase.⁹ It is known that the feed program in the post-weaning phase must have high digestibility and highly palatable ingredients, that promote the digestive adaptation of the animals.²⁵ Few studies have been performed on these cereal parameters, mainly in relation to the

intermedios. Para la ganancia diaria de peso (GDP) no se observó un efecto de la combinación de dietas consumidas por los lechones durante el periodo experimental ($P > 0.05$) (Cuadro 7), a pesar de las diferencias numéricas presentadas entre los tratamientos. Las GDP por corral fueron, en promedio, 33 ± 19 , 202 ± 17 y 117 ± 18 g/día para la primera y segunda semanas posdestete y el periodo total, respectivamente.

Discusión

La fibra dietaria proveniente de los cereales es resistente a la digestión enzimática a nivel intestinal, pero susceptible a la fermentación bacteriana; por tanto, se espera que el incremento de los niveles de fibra en el alimento resulte en un aumento del número total de bacterias intestinales.²² Los estudios clásicos sobre la utilización digestiva de los nutrimentos en lechones emplean la digestibilidad total, que tiene un significado global en el proceso de evaluación de una materia prima,²³ ya que estima el aprovechamiento de los nutrimentos en todo el tracto digestivo. Este método toma en cuenta la actividad microbiana que se realiza en el intestino grueso,²⁴⁻²⁶ ya que de esta manera la estimación de la digestibilidad de la energía, de las fracciones de fibra y, por lo tanto, de la materia seca de las dietas resulta más adecuada. Los resultados indican que la materia seca de la dieta testigo, rica en almidón de maíz, fue la más digestible, debido a la alta digestibilidad ileal del almidón de maíz y de la caseína.^{27,28} Como consecuencia, hubo una menor cantidad de nutrimentos disponibles para la actividad metabólica de las bacterias presentes en el tracto digestivo posterior de los lechones.²⁹ La adición de cereales afectó negativamente la digestibilidad de la materia seca, que fue más evidente en el caso de la dieta con avena (A), lo cual puede estar relacionado con su mayor contenido de FDN y FDA (Cuadro 2), ya que los lechones tienen una baja capacidad de digerir la fibra insoluble,⁴ lo que implica una mayor disponibilidad de este sustrato para la fermentación bacteriana³⁰ a nivel del tracto digestivo posterior. Las dietas con maíz y sorgo AT y BT, con un bajo contenido de FDN, tuvieron mayor digestibilidad de la materia seca que la dieta con avena. En cuanto a la dieta con sorgo alto en taninos, el bajo CDTa de FDN pudo deberse a la inhibición que ejercen los taninos sobre las bacterias responsables de degradar las fracciones de fibra, como lo informan algunos autores.^{31,32}

La digestibilidad de la proteína cruda está relacionada con las diferencias en la composición de las dietas experimentales en cuanto a la fuente, el contenido y la calidad de la proteína cruda. Cuando se suministró

sorghum with different tannin levels. The results of feed preference of experiment 2 are interesting; as has been already been mentioned,⁹ weaned piglets were capable of distinguishing and expressing their preference for diets that contained different cereals (oats, wheat, barley and corn) and the diet with oats was the one least preferred. But in this study, on the contrary, the diet with oats was the one that was preferred, which was probably related with the quality and flavor³⁸ or their high content of crude protein³⁹ (14.7%, Table 1) and its high digestibility (77.1%, Table 4). Apparently, in experiment 2 the relatively high amount of neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in the oats diet (17.5% and 8.6%, respectively) was not a problem that limits the feed intake in weaned piglets. Probably this is due to the size of particle that was used (3 mm) and its very fine grinding. In this study, the corn was not above the rest of the cereals in flavor, as is mentioned in the literature,^{9,40} exception made with HT sorghum. Generally sorghum is well consumed by animals,^{40,41} without different intake between varieties of sorghum with low tannin level.³⁷ Nevertheless, the high tannin sorghum was the one graded lowest in the range test in experiment 2 in the two weeks after weaning. The high content in tannins gives the sorghum a bitter taste,⁴²⁻⁴⁴ and makes it less palatable, which would explain the lower preference for the diet that contains HT sorghum. This could be a reason to avoid recommending the use of high tanning sorghum in pre-starter and starter diets. Nevertheless, in the second week after weaning it was observed that the feed intake had an important increment for all diets, this increase was greater in the diets that had less intake levels during the first week. For the diet with HT sorghum, the increase was 206%, which indicates an adaptation of the piglets to the bitter taste of HT sorghum, probably, due to the secretion of the acid protein PRP (proline rich protein) in saliva,⁴⁵ that neutralizes the tannins' effect. For the LT sorghum diet, the intake increase was 91%, for the corn diet 65%, and for oats diet 59%.

The results of average daily weight gain (DWG) showed numeric differences among treatments; nevertheless, these were not significant. This was mainly due to the great variation among animals, since high coefficients of variation were observed (75%, 16% and 20% for weeks one and two and the total period, respectively). The low DWG of piglets in the first week postweaning is highly related to the low feed consumption of this period,^{7,46} that is dependent on the great variation among piglets when they are lodged collectively,^{47,48} which in turn affects the variation of ADG as has been mentioned. The piglets that consumed the combinations of HT sorghum/corn or

la dieta testigo (DT), cuyo tipo de proteína fue exclusivamente de origen lácteo y cuya digestibilidad es alta,^{33,34} se observó mejor digestión y absorción. Lo mismo ocurrió en el caso de la dieta con avena, cuya proteína fue la más digestible. La adición de proteína proveniente del sorgo o maíz a la caseína y leche descremada, provocó una disminución de la digestibilidad de la proteína cruda. En el caso del sorgo, esta disminución puede estar asociada con el perfil de sus proteínas, ya que se ha informado que las kafirinas del sorgo son resistentes a la acción de la pepsina,³⁵ así como al aumento de la excreción endógena de nitrógeno ocasionado por los taninos.³⁶ Los polisacáridos no amiláceos de los cereales tuvieron un efecto negativo sobre la digestibilidad de la energía,^{11,37} que disminuyó respecto de la de la dieta testigo, que contenía almidón de maíz. El sorgo y el maíz son las principales fuentes de carbohidratos para los cerdos, por eso el conocer cómo los lechones aprecian estos cereales es de gran interés, una vez que el gusto por los ingredientes de la dieta puede ser un factor importante para estimular el consumo precoz de alimento sólido en la fase inicial de crianza.⁹ Se sabe que el programa de alimentación en la fase posdestete debe contar con ingredientes de buena digestibilidad, de alta gustosidad y que promuevan la adaptación digestiva.²⁵ Se han realizado pocos estudios sobre estos parámetros en los cereales, principalmente en relación con el sorgo con diferentes niveles de taninos. Los resultados de preferencia alimentaria del experimento 2 son interesantes, pues como ya se había informado,⁹ los lechones destetados fueron capaces de distinguir y expresar su preferencia por dietas que contenían diferentes cereales (avena, trigo, cebada y maíz), siendo la dieta con avena la de menor preferencia. Contrariamente, en este estudio, la dieta con avena fue la preferida, lo que probablemente estuvo relacionado con la calidad y el sabor³⁸ o con su alto contenido de proteína cruda³⁹ (14.7%, Cuadro 1) y su alta digestibilidad (77.1%, Cuadro 4). Aparentemente, en el experimento 2 la cantidad relativamente alta de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en la dieta con avena (17.5% y 8.6%, respectivamente) no fue un problema que limitara el consumo de alimento en los lechones destetados. Probablemente esto se deba al tamaño de la partícula empleada (3 mm) y a su molido muy fino. En el presente trabajo, el maíz no superó en gusto a los demás cereales, como lo menciona en la literatura,^{9,40} excepto en relación con el sorgo AT. Generalmente el sorgo es bien consumido por los animales,^{40,41} sin que haya diferencias de consumo entre variedades de sorgo con un bajo nivel de taninos.³⁷ Sin embargo, el sorgo alto en taninos fue el menor calificado en la prueba de rango en el

LT sorghum/corn had the best weight gains during the first week after weaning (55 g/day on average), and the highest feed intake (169 g/day on average); nevertheless, this amount of feed intake was not enough to guarantee a significant weight gain. It is suggested⁴⁹ that the daily feed intake during the first week after weaning should be 210 g/day to guarantee a DWG of 90 g/day. In this study, during the second week after weaning the piglets showed, on average a compensatory weight gain, since with an average consumption of 264 ± 24 g/day, obtained an average weight gain of 202 ± 27 g/day, although it is recommended⁴⁹ that the intake should be 410 g/day of feed in order to obtain a weight gain of 220 g/día. The scarce weight gain of the first week after weaning also is due to the increase of maintenance energy demand for the piglets,⁴⁶ associated to the post weaning stress, that goes against the energy requirements for body development. This was more evident in the case of the piglets that were assigned to the combination diets with oats that, even though they had moderate consumption (133 g/day), they had reduced weight gains (24 g/day on average) probably due to the reduction of energy caused by the amount of fiber in oats.^{11,37} On the second week after weaning, the increase in daily feed intake was accompanied by an increase in average daily weight gain (DWG) of the animals, especially for piglets that consumed the combinations of HT sorghum/LT sorghum (22 times), corn/oats (12 times) and HT sorghum/oats (seven times).

According to the results that were obtained it is concluded that the weaned piglets showed better capacity to digest diets rich in soluble carbohydrates (starch) and with a low content of non-amylaceous polysaccharides, such as corn and sorghum, and therefore they are well recommended for this initial feeding phase. The content of tannins in sorghum did not affect the digestibility of dry matter, crude protein and energy. Nevertheless, the high level of tannins affected negatively the digestibility of neutral detergent fiber. The recently weaned piglets were capable of selecting the diet of their preference, when these were offered simultaneously ad libitum. During the whole period of experiment 2, a preference for oats was manifested, followed by corn, LT sorghum and HT sorghum. The inclusion of oats in the starter feed favored the early consumption of feed in the critical phase of piglet's life, immediately after weaning.

Acknowledgements

We thank Conacyt and SAGARPA both Mexican Institutions for the financing of the project that gave origin to this article.

experimento 2 en las dos semanas posdestete. El alto contenido de taninos confiere un sabor amargo al sorgo,⁴²⁻⁴⁴ y lo hace menos apetecible, lo que explicaría la menor preferencia por la dieta que contenía sorgo AT. Ésta podría ser una razón para no recomendar el uso de sorgos altos en taninos en las dietas preiniciadoras e iniciadoras. Sin embargo, en la segunda semana posdestete se observó que el consumo de alimento tuvo un incremento importante para todas las dietas, este aumento fue mayor en las dietas que tuvieron los menores niveles de consumo durante la primera semana. Para la dieta con sorgo AT, el incremento fue de 206%, lo que indica una adaptación de los lechones al sabor amargo del sorgo AT, probablemente por una secreción de la proteína PRP (proteína rica en prolina) ácida en la saliva,⁴⁵ que neutraliza los efectos de los taninos. Para la dieta con sorgo BT, el aumento en el consumo fue de 91%, para la dieta con maíz de 65% y para la dieta con avena de 59%.

Los resultados de la ganancia diaria de peso (GDP) mostraron diferencias numéricas entre tratamientos; sin embargo, éstas no fueron significativas. Esto último se debió principalmente a la gran variación entre animales, pues se observaron coeficientes de variación altos (75%, 16% y 20% para las semanas uno y dos y el periodo total, respectivamente). La baja GDP de los lechones en la primera semana posdestete está muy relacionada con el mal consumo de alimento en este periodo,^{7,46} el cual está sujeto a una gran variación entre los lechones cuando son alojados colectivamente,^{47,48} lo que repercute en la variación de la GDP ya mencionada. Los lechones que consumieron las combinaciones sorgo AT/maíz o sorgo BT/maíz tuvieron las mejores ganancias en la primera semana posdestete (55 g/día en promedio) y los consumos de alimento más altos (169 g/día en promedio); sin embargo, esta cantidad de alimento consumida no fue suficiente para garantizar un aumento de peso significativo. Se sugiere⁴⁹ que el consumo diario de alimento en la primera semana posdestete sea de 210 g/día para garantizar una GDP de 90 g/día. En el presente estudio, durante la segunda semana posdestete, los lechones mostraron, en promedio, una ganancia de peso compensatoria, porque con una ingesta promedio de 264 ± 24 g/día, obtuvieron una ganancia promedio de 202 ± 27 g/día, mientras que se recomienda⁴⁹ un consumo de 410 g/día de alimento para obtener una ganancia de peso de 220 g/día. La escasa ganancia de peso de la primera semana posdestete también se debe al incremento de la demanda de energía para el mantenimiento de los lechones,⁴⁶ asociado con el estrés posdestete, en detrimento de los requerimientos energéticos para el desarrollo corporal. Esto fue más evidente en el

Referencias

1. KR, Mahan DC, Cross RF, Reinhart GA, Whitmoyer RE. Effect of age, weaning and post-weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J Anim Sci* 1988;66:574-584.
2. Friesen KG, Goodband RD, Nelssen JL. The effect of pre and postweaning exposure to soybean meal on growth performance and on the immune response in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 1993;71:2089-2098.
3. Friesen KG, Nelssen JL, Goodband RD. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 1993;71:2099-2109.
4. Salgado P, Freire JPB, Mourato M, Cabral F, Toullec R, Lallès JP. Comparative effects of different legume protein sources in weaned piglets: nutrient digestibility, intestinal morphology and digestive enzymes. *Livest Prod Sci* 2002;74:191-202.
5. Bedford MR, Campbell LD. Enzymes application for monogastric feeds a review. *Can J Anim Sci* 1992;72:449-466.
6. Cowan WD, Korsbak A, Hastrup T, Rasmussen PB. Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. *Anim Feed Sci Technol* 1996;60:311-319.
7. Steidinger MU, Goodband RD, Tokach MD, Nelssen JL, Dritz SS, Borg BS, *et al.* Effects of providing a water-soluble globulin in drinking water and diet complexity on growth performance of weanling pigs. *J Anim Sci* 2002;80:3065-3072.
8. Sève B. Élevage et servage de porcelets. In: Perez JM, Mornet P, Rérat A editors. *Le porc et son élevage, bases scientifiques et techniques*. Paris: Maloine Éditeur, 1986:403-430.
9. Bruneau CD, Chavez ER. Dietary preferences for cereals of nursing and weaned piglets. *Livest Prod Sci* 1995;41:225-231.
10. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana -NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 2001.
11. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists, 1990.
12. Van Soest PJ, Robertson J, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583-3597.
13. Price ML, Scoyog SV, Butler LG. Critical evaluation of vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agric Food Chem* 1978;26:1214-1218.
14. National Research Council. *Nutrient Requirement of Swine*. 10th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1998.
15. Baker DH. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. *Fermex Technical Review* 1997;2:1-24.
16. Fenton TW, Fenton M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Can J Anim Sci* 1979;59:631-634.
17. Bateman JV. *Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos*. México (DF): Herrera, Hermanos Sucesores, S. A., 1970.
18. Reis de Souza TC, Mariscal-Landín G, Uribe LL. Efecto de la fuente de grasa en el comportamiento zootécnico y la digestibilidad total e ileal de los nutrimentos en lechones destetados. *Téc Pecu Méx* 2001;39:193-206.
19. Fan MZ, Sauer WC. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *J Anim Sci* 1995;73:2364-2374.
20. SAS Institute Inc. *SAS/STA user's guide*. 4th ed. Cary (NC): SAS. Institute Inc., 1990.

caso de los lechones asignados a las combinaciones de dietas con avena que, a pesar de tener un consumo moderado (133 g/día), tuvieron ganancias de peso reducidas (24 g/día en promedio), probablemente por la reducción de la energía ocasionada por la alta cantidad de fibra de la avena.^{11,37} Ya en la segunda semana posdestete, el aumento del consumo diario de alimento fue acompañado de un incremento de la ganancia diaria de peso (GDP) de los animales, sobre todo para los lechones que consumieron las combinaciones sorgo AT/sorgo BT (22 veces), maíz/avena (12 veces) y sorgo AT/avena (siete veces).

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que los lechones destetados mostraron una mejor capacidad para digerir las dietas ricas en carbohidratos solubles (almidón) y con un bajo contenido de polisacáridos no amiláceos, como el maíz y el sorgo, por lo que son bien recomendados en la fase inicial de alimentación. El contenido de taninos de los sorgos no afectó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía. Sin embargo, el nivel alto de taninos afectó negativamente la digestibilidad de la fibra detergente neutro. Los lechones recién destetados fueron capaces de seleccionar la dieta de su preferencia, cuando éstas se ofrecieron simultáneamente a libre elección. En el periodo total del experimento 2 se manifestó preferencia por la avena, seguida por el maíz, sorgo BT y sorgo AT; la inclusión de avena en los alimentos de iniciación favoreció el consumo precoz de alimento en la fase crítica de la vida del lechón, inmediatamente después del destete.

Agradecimientos

Se agradece al Conacyt y a la SAGARPA, ambas instituciones de México, el financiamiento del proyecto que dio origen a este artículo.

21. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2nd ed. New York, US: McGraw-Hill Book Co., 1985.
22. Drew MD, Van Kessel AG, Estrada AE, Ekpe ED, Zijlstra RT. Effect of dietary cereal on intestinal bacterial populations in weaned pigs. *Can J Anim Sci* 2002;82:607-609.
23. Reis de Souza TC, Mariscal-Landín G. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Téc Pecu Méx* 1997;35:145-159.
24. Carlson WE, Bayley HS. Digestion of fat by young pigs: a study of the amounts of fatty acid in the digestive tract using a fat-soluble indicator of absorption. *Br J Nutr* 1972;28:339-346.
25. Sambrook IE. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs. 8. Measurements of the flow of total lipid, acid-detergent fibre and volatile fatty acids. *Br J Nutr* 1979;42:279-287.
26. Drochner W. The influence of changing amounts of crude fibre and pectic components on prececal and postileal processes in the growing pig. *J Adv Anim Physiol a Anim Nutr*, suppl.14, Verlag Paul Parey, 1984.
27. Veum TL, Odle J. Feeding neonatal pigs. In: Lewis AJ, Southern LL, editors. *Swine Nutrition*. 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2000:671-690.
28. Sauber TE, Owens F. Cereal grains and by-products for swine. In: Lewis A J, Southern L L, editors. *Swine Nutrition*. 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2000:785-802.
29. Caine WR, Tamminga S, Sauer WC, Verstegen MWA, Schulze H. Bacterial contributions to total and endogenous recoveries of nitrogen and amino acids in ileal digesta of newly weaned piglets fed protease-treated soybean meal. *Livest Prod Sci* 1998;57:147-157.
30. Van Beers-Schreus HMG, Nabuurs MJA, Vellenga L, Kalsbeek-van der Valk HJ, Wensing T, Breukink HJ. Weaning and the weanling diet influence the villous height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. *J Nutr* 1998;128:947-953.
31. Makkar HPS, Blummel M, Becker K. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidone or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility *in vitro* techniques. *Br J Nutr* 1995;73:897-913.
32. Balogun RO, Jones RJ, Holmes JHG. Effect of the addition of polyethylene glycol on *in vitro* dry matter digestibility of tropical tanniniferous forages. *Anim Feed Sci Technol* 1998;76:77-88.
33. Sohn KS, Maxwell CV, Southern LL, Buchanan DS. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: II. Effects on ileal amino acid digestibility. *J Anim Sci* 1994;72:631-637.
34. Viljoen J, Coetzee SE, Fick JC, Siebrits FK, Hayes JP. The ileal amino acid digestibility of different protein sources for early-weaned piglets. *Livest Prod Sci* 1998;54:45-53.
35. Elkin RG, Marisue BF, Hamaker BR, Zhang YE, Parsons AM. Condensed tannins are only partially responsible for variations in nutrient digestibilities of sorghum grain cultivars. *J Agric Food Chem* 1996;44:848-853.
36. Nyachoti CM, Atkinson JL, Leeson S. Sorghum tannins: a review. *Words Poult Sci J* 1997;53:5-21.
37. Lizardo R, Peiniau J, Aumaitre A. Effect of sorghum on performance, digestibility of dietary components and activities of pancreatic and intestinal enzymes in the weaned piglet. *Anim Feed Sci Technol* 1995;56:67-82.
38. Flores JA. *Bromatología Animal*. 3a ed. México, D.F.: Editorial Limusa, 1983.
39. Fergunson NS, Bradford MMV, Gous RM. Diet selection priorities in growing pigs offered a choice of feeds. *S Afr J Anim Sci* 2002;32:136-143.
40. Morrison FB. *Compendio de Alimentación del Ganado*. México, D.F.: Grupo Noriega Editores 1991.
41. Flores JA, Agraz G, Abraham A. *Ganado Porcino: Cría, Explotación enfermedades e industrialización*. 2a ed. México, D.F.: Editorial Limusa, 1979.
42. Burns RE. Method for estimation of tannin in sorghum. *Agron J* 1971;63:511-512.
43. Sosa ME. Algunas Consideraciones Nutricionales y Químicas de Sorgos con Diferente Contenido de Taninos (tesis de maestría). Montecillo (Edo. México) México: Colegio de Postgraduados, 1984.
44. Santiago GE. Taninos (tesis de maestría). México (D.F.) México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM, 1999.
45. Mehansho H, Clements S, Sheares BT, Smith S, Carlson DM. Induction of proline-rich glycoprotein synthesis in mouse salivary glands by isoproterenol and by tannins. *J Biol Chem* 1985;260: 4418-4423.
46. Bruininx EMAM, Heetkamp MJW, van den Bogaart D, van der Peet-Schwering CMC, Beynem AC, Everts H, *et al.* A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs. *J Anim Sci* 2002;80:1736-1745.
47. Bruininx EMAM, Binnendijk GP, van der Peet-Schwering CMC, Schrama JW, Vereijken PFG, Everts H, *et al.* Individually measured feed intake characteristics and growth performance of grouped-housed weanling pigs: Effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. *J Anim Sci* 2001;79:301-308.
48. Bruininx EMAM, Binnendijk GP, van der Peet-Schwering CMC, Schrama JW, den Hartog LA, Everts H, *et al.* Effect of creep consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. *J Anim Sci* 2002;80:1413-1418.
49. Whittemore CT, Green DM. Growth of the young weaned pig. In: Varley MA, Wiseman J, editors. *The Weaner Pig Nutrition and Management*. New York: CABI Publishing, 2001:1-15.