

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INSTITUTO DE PRODUCCION ANIMAL

**Determinación del contenido de energía digestible del maíz y
harina de alfalfa, en cerdos domésticos (*Sus scrofa
domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L.*)**

Tesis presentada como parte de
los requisitos para optar al grado
de Licenciado en Agronomía.

Nelson Favian Ulloa Llaique

VALDIVIA-CHILE

2007

PROFESOR PATROCINANTE:

Suzanne Hodgkinson
B.Sc.,M.Sc.,Ph.D

PROFESORES INFORMANTES:

Daniel Alomar C.
Ing.Agr.,Mg.Sc

Luis Latrille L.
Ing.Agr.,M.Sc.,Ph.D

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer sinceramente a cada una de las personas que directa o indirectamente ayudaron en el desarrollo de esta tesis, con gran voluntad y apoyo desinteresado. A ellos muchas gracias.

A mis amigos, imposible de nombrarlos aquí (quizás en los anexos) agradezco su compañía y sincera amistad. Hoy ya parece eterna. A los que desde que llegué a Valdivia me soportan y acompañan, gracias. A mis amigos que desde pequeños estamos juntos un abrazo y beso enorme. Muchas gracias.

A mi familia entera, en especial mis hermanos agradezco cada día, por su confianza infinita en mi vida universitaria, y el apoyo constante con los papas.

A todos ellos gracias nuevamente.

Con gran cariño, amistad y amor.

Nelson Favian Ulloa Llaique.

A mis papas, muchas gracias.

A mi papi Tomás, por ser un hombre cariñoso y bondadoso a quien sus pasos me da felicidad seguir; a mi mami Genoveva, la mas hermosa, por sus besos, abrazos y amor sin condiciones. A ellos debo este logro, no por el hoy, sino por el siempre, muchas gracias, los amo mucho.

***A la memoria de mi mami Genito,
quien guía mis pasos desde el cielo.
Te amo y extraño cada día de mi vida.***

INDICE DE MATERIAS

| Capítulo | | Página |
|-----------------|---|---------------|
| 1 | INTRODUCCION | 1 |
| 2 | REVISIÓN BIBLIOGRAFICA | 3 |
| 2.1 | Antecedentes generales del sistema digestivo de los monogástricos | 3 |
| 2.2 | Características generales del cerdo domestico | 4 |
| 2.3 | Características generales de los jabalíes | 6 |
| 2.4 | Requerimientos nutricionales | 7 |
| 2.5 | Energía | 7 |
| 2.5.1 | La energía digestible en los alimentos | 8 |
| 2.5.2 | Importancia de los carbohidratos | 8 |
| 2.6 | Alimentos para dietas de cerdos domésticos | 10 |
| 2.6.1 | Características y composición del maíz | 10 |
| 2.6.2 | Características y composición de la harina de alfalfa | 11 |
| 2.7 | Digestibilidad | 12 |
| 2.7.1 | Factores que afectan la digestibilidad | 13 |
| 2.7.1.1 | Nivel de alimentación | 13 |
| 2.7.1.2 | Composición química de la ración | 13 |
| 2.7.1.3 | Edad de la planta y estado vegetativo | 14 |
| 2.7.1.4 | Efecto animal | 14 |
| 2.7.1.5 | Preparación de los alimentos | 15 |
| 2.7.2 | Métodos para determinar digestibilidad | 15 |
| 2.7.2.1 | Métodos para determinar la digestibilidad fecal | 15 |
| 3 | MATERIALES Y METODOS | 17 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Consideraciones generales | 17 |
| 3.2 | Lugar y duración del ensayo | 17 |
| 3.3 | Animales y condiciones de alojamiento | 17 |
| 3.4 | Alimentos estudiados | 18 |
| 3.5 | Etapas experimentales | 19 |
| 3.6 | Análisis químico | 21 |
| 3.6.1 | Determinación de materia seca | 21 |
| 3.6.2 | Determinación de proteína cruda | 21 |
| 3.6.3 | Determinación de fibra cruda | 21 |
| 3.6.4 | Determinación de fibra de detergente ácido | 22 |
| 3.6.5 | Determinación de fibra de detergente neutro | 22 |
| 3.6.6 | Determinación de extracto etéreo | 22 |
| 3.6.7 | Determinación de energía bruta | 22 |
| 3.6.8 | Determinación de óxido crómico | 22 |
| 3.6.9 | Contenido de energía digestible | 22 |
| 3.6.10 | Energía digestible del ingrediente | 22 |
| 3.7 | Análisis estadístico | 24 |
| 4 | PRESENTACION DE RESULTADOS | 25 |
| 4.1 | Resultados obtenidos | 25 |
| 4.1.1 | Composición química de las dietas | 25 |
| 4.1.2 | Contenidos de energía digestible | 26 |
| 4.1.3 | Coeficientes de digestibilidad | 27 |
| 5 | DISCUSION DE RESULTADOS | 29 |
| 5.1 | Importancia del estudio | 29 |
| 5.2 | Metodología utilizada | 30 |
| 5.3 | Composición química de las dietas | 30 |
| 5.4 | Contenidos de energía digestible | 31 |
| 5.5 | Coeficientes de digestibilidad | 33 |
| 6 | CONCLUSIONES | 37 |

| | | |
|---|--------------|----|
| 7 | RESUMEN | 38 |
| 8 | SUMMARY | 39 |
| 9 | BIBLIOGRAFIA | 40 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Pagina |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Composición de los carbohidratos de distintos alimentos (% sobre MS). | 9 |
| 2 | Composición química del grano de maíz. | 11 |
| 3 | Composición química de harina de alfalfa, 17% de PC. | 12 |
| 4 | Composición porcentual (%) de los ingredientes de las dietas en estudio. | 18 |
| 5 | Organización del diseño experimental por animal y periodos. | 20 |
| 6 | Composición química de las dietas (BMS). | 25 |
| 7 | Rangos, promedios y error estándar (ES) para los contenidos de energía digestible del maíz y harina de alfalfa, en cerdos domésticos y jabalíes. | 27 |
| 8 | Rangos, promedios y error estándar (ES) para la digestibilidad de los ingredientes (%), en cerdos domésticos y jabalíes. | 27 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Pagina |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Aparato digestivo cerdo domestico. | 3 |
| 2 | Comparación entre tipo de animales, para los contenidos promedios (\pm error estándar) de ED del maíz y harina de alfalfa. | 32 |
| 3 | Comparación entre tipos de animales, para los CD promedios (\pm error estándar) del maíz y harina de alfalfa. | 34 |

1 INTRODUCCION

Los avances en la nutrición animal son de gran importancia en todos los ámbitos de las producciones que se llevan a cabo. Dichos avances aun siendo muy precisos y amplios en su difusión, no están especificados y son poco claros en algunas áreas, como la producción de jabalís. Así, a pesar de lo apetecida que se ha vuelto la carne de jabalís en diversos mercados europeos y asiáticos, además de nichos nacionales, debido principalmente a las cualidades de su carne (magra, rica en Omega 3 y baja en colesterol) se han realizado muy pocos estudios científicos sobre la nutrición de ellos.

Dado que el jabalí (*Sus scrofa* L.) pertenece a la misma especie que el cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*), es posible que datos determinados en el cerdo doméstico podrían ser aplicables para los jabalís, como por ejemplo, el contenido de energía digestible de ingredientes utilizados para formular dietas.

Las dietas de los jabalís utilizadas en Chile se suelen basar en altas cantidades de fibra, con gran aporte de pradera y desechos de la agroindustria, por ello es posible que los jabalís aprovechen mejor la fibra, o sea serian más eficientes en la digestión de ella. En este caso, ingredientes con un alto contenido de fibra podrían tener un contenido de energía digestible mayor en el jabalí que en el cerdo.

Por lo tanto, es importante conocer el contenido de energía digestible de alimentos en los jabalís y compararlos con el contenido determinado en el cerdo domestico, para averiguar si aprovechan o no en forma similar los alimentos.

La hipótesis de esta investigación fue que “Los contenidos de energía digestible del maíz y la harina de alfalfa, son similares en cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalís (*Sus scrofa* L.)”.

Por lo tanto, planteada la hipótesis, los objetivos de la investigación fueron:

- Determinar el contenido de energía digestible del maíz en cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa* L.).
- Determinar el contenido de energía digestible de la harina de alfalfa en cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa* L.).
- Comparar entre cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa* L.) los contenidos de energía digestible del maíz y la harina de alfalfa.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales del sistema digestivo de los monogástricos.

Los monogástricos poseen un aparato digestivo sencillo (boca, faringe, esófago, estomago e intestino delgado y grueso) (MACDONALD *et al.*, 1999). Esto se puede observar en la Figura 1, donde se distinguen claramente las diferentes zonas de todo el tracto digestivo del cerdo domestico.

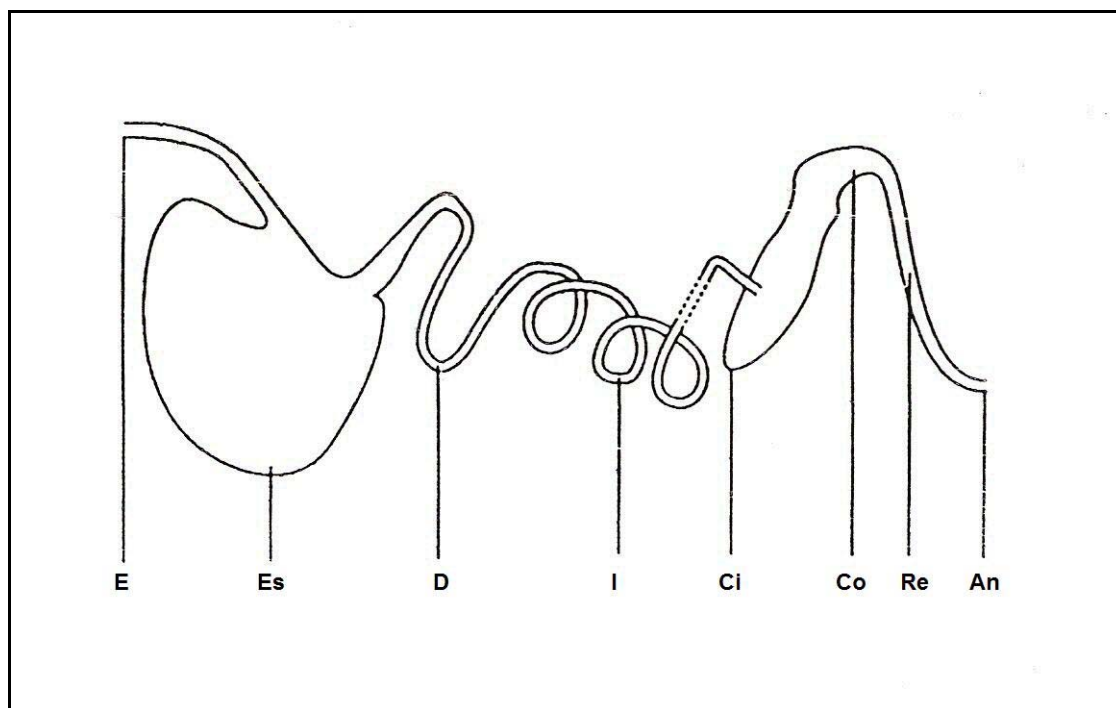


FIGURA 1. Aparato digestivo del cerdo domestico.

An: Ano, Ci: Ciego, Co: Colon, D: Duodeno, E: Esófago, Es: Estomago, I: Intestino, Re: Recto.

FUENTE: MACDONALD *et al.* (1999).

Las estructuras y funciones del aparato digestivo del cerdo doméstico, son muy bien descritas por CHURCH *et al.* (2004); inicialmente la boca (lengua, labios y dientes) es la estructura que recibe la comida y el lugar donde se mastica o tritura el alimento. En el proceso de masticación se mezcla el alimento con saliva lo que facilita su deglución hacia el estomago. La saliva proviene de las glándulas submaxilares, sublinguales y parótidas. El estomago del cerdo es una estructura relativamente grande que actúa como reservorio del alimento, en él existe producción de mucus, liberación de pepsina y de ácido clorhídrico, además existe liberación del factor intrínseco que permite la absorción de la vitamina B₁₂ en el intestino delgado, siendo ésta otra importante función del estomago.

La absorción de los nutrientes se lleva a cabo principalmente en el intestino delgado y otra porción en el intestino grueso. El intestino delgado (15 a 20 metros de largo) está compuesto por el duodeno, yeyuno e ileon. El alimento contenido en el estómago pasa hacia el duodeno, siendo mezclado con secreciones pancreáticas y del hígado. Los alimentos son digeridos y luego los nutrientes son absorbidos en el yeyuno e ileon (POND y POND, 2000). El intestino grueso (4 a 4,5 metros de largo en el cerdo doméstico) está formado por el ciego, colon y recto, en él ocurre la absorción de minerales y de agua. En esta región existe una actividad microbiana descrita por MACDONALD *et al.* (1999) Y CHURCH *et al.* (2004), la cual es muy importante en la fermentación de la fibra vegetal, para el aporte de energía al animal.

La excreción fecal y urinaria ocurre una vez finalizados los procesos de digestión y absorción. La materia fecal está compuesta por residuos gástricos, células epiteliales, microorganismos del intestino grueso, además de porciones no digeribles de los alimentos, entre otros. La orina se compone principalmente de metabolitos nitrogenados y sulfurados, además de algunos minerales (CHURCH *et al.*, 2004)

2.2 Características generales del cerdo domestico.

El cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) posee sus orígenes ancestrales en el jabalí (*Sus scrofa* L.), siendo domesticado hace ya 9000 años en países orientales como China. Actualmente se encuentra en cada lugar del mundo, con una gran

variedad de razas (WHITTEMORE, 1998). La clasificación digestiva enmarca al cerdo doméstico como un fermentador postgástrico, con aparato digestivo simple y en comparación con especies rumiantes (como bovinos), tienen una menor capacidad para digerir carbohidratos estructurales presentes en las plantas, como la celulosa, hemicelulosa y pectina, las dos primeras constituyentes de la fibra. Esto significa que la digestión de fibra en estos animales es limitada (MACDONALD *et al.*, 1999).

Nutricionalmente, es necesario suplir sus requerimientos de energía, proteínas, vitaminas y minerales (como se verá posteriormente), para ello se utilizan diferentes fuentes alimenticias como harinas de soya y harinas de pescado (fuentes proteicas); además granos de cereales como maíz o trigo (fuentes energéticas). Los requerimientos varían para cada edad, peso, raza y sexo del animal, el suministro adecuado de estas exigencias proporcionará animales de buen peso y en el tiempo esperado. Según CHURCH *et al.* (2004), el cerdo doméstico generalmente es considerado un animal con la mejor capacidad para producir carne y grasa, comparado con otros animales domésticos, así es posible tener ganancias diarias entre 0,75-1,1 kg con tasas de conversión entre 2,5-3,7 kg de alimento/kg PV ganado (entre los 20 y 100 kg de pesos vivo, PV). Esto gracias a que tiene un gran poder digestivo y buena asimilación de nutrientes, además su carácter omnívoro, otorga gran plasticidad a su dieta (WHITTEMORE, 1998).

En relación a la alimentación, (dietas) en la producción intensiva de cerdos domésticos, el costo es muy importante (alrededor de 70% de costos totales corresponde a la alimentación) dentro de el resto de ítems de producción, como la higiene y salud, costos de reposición y reproductores, etc. En las producciones intensivas, la entrega de alimentos se realiza a través de raciones “pelletizadas” o harinas humedecidas, para favorecer el consumo y digestión. Sin embargo, existen experiencias de algunos productores con el pastoreo de forrajes verdes, pero con una madurez fisiológica temprana, obteniendo buena digestibilidad, aproximadamente de 67% para la energía, 75% de la celulosa y 60% en hemicelulosa (WHITTEMORE, 1998 y CHURCH *et al.*, 2004).

2.3 Características generales de los jabalíes (*Sus scrofa*).

El origen del jabalí es principalmente el continente europeo y asiático, además del norte de África. Según NIXDORF y BARBER (2001) existen poblaciones nativas en libertad en la actualidad en Irlanda, el este y el oeste de Japón y desde Egipto al sur de Escandinavia y Siberia. En América, parte de la población del jabalí fue introducida por los conquistadores españoles del siglo XVI, como una fuente de alimento, según Withaker (1996) citado por FERNANDEZ (2005). En Chile, se tiene conocimiento que existe desde el año 1937, llegando a la zona de Allipén (IX Región). En la actualidad existe además una población salvaje en la precordillera andina desde Lonquimay a Río Simpson (XI Región), según un estudio de la Universidad de Chile (2004) citado por FERNANDEZ (2005).

Físicamente el jabalí es un animal con variaciones respecto al cerdo doméstico en su conformación. Su cuerpo es proporcionalmente diferente que los cerdos domésticos (jabalí: 70% cabeza, tórax y extremidades anteriores; 30% extremidades posteriores) que hoy en día se conocen en las producciones intensivas. Los colores corporales son en general oscuros, vellosidades largas, hocico alargado, orejas y cola recta (JABALICHILE, 2006). Según DE LA VEGA (2003) puede llegar a un tamaño promedio de 2 metros de largo y 1 de alto, con pesos adultos de entre 150 a 200 kg en machos y 120 a 170 en las hembras. Datos argentinos mencionan pesos algo menores (150 kg en machos y 100 kg en hembras) y destacan la baja tasa de crecimiento de 0,15 kg/día hasta 15 a 18 meses para alcanzar pesos vivos de 75 a 80 kg. Según DE ARECO (2004) estas tasas de crecimiento son necesarias para obtener canales magras, óptimas en su maduración.

En cuanto a la alimentación de los jabalíes, DE LA VEGA (2003) menciona que los jabalís son animales omnívoros, que en estado silvestre se alimentan de setas de hongos, frutos, tubérculos, raíces, lombrices, incluso de pequeños vertebrados como lagartos (en general 90% vegetales y 10% de fuentes animales). Además, destaca la poca información de este rubro productivo. Sin embargo, menciona que existen dos tipos de manejos, uno extensivo en base a praderas y suplementos de papas y granos, y otro intensivo donde se utilizan corrales y las dietas son basadas en concentrados altos en fibra. JABALICHILE (2006) hace referencia al suministro de forrajes verdes en

forma natural, siendo esto una ventaja ya que se puede producir en sectores marginales. Además menciona que los requerimientos de alimentación suplementaria son menores, por lo tanto existe un beneficio económico importante para los productores con el reemplazo del bajo nivel productivo por los menores costos por concepto del suelo y alimentación, en relación al cerdo doméstico. Los avances en la producción de jabalíes se ven significativamente limitados por la falta de estudios en el ámbito nutricional. Los insumos más utilizados en la alimentación son afrecho de soya, harina de pescado y triticale, como proteicos. En tanto que como energéticos se utilizan el grano de maíz, trigo, avena y también triticale (RAMIREZ, 2003 y JABALICHILE, 2006).

2.4 Requerimientos nutricionales.

Los requerimientos nutricionales varían en cada etapa de desarrollo, raza y sexo del animal, además es necesario considerar otros factores como la capacidad de consumo, hábitat, nivel de fibra, etc., al momento de formular raciones para satisfacer dichas necesidades nutritivas. Los requerimientos son importantes en la alimentación y nutrición de monogástricos, ya que permiten la formulación de manera precisa de las dietas y por lo tanto, la satisfacción del consumo y nutrición de los animales. Así, con ello se reducen costos en la alimentación y consecuentemente mejora la calidad comercial de los animales (BUXADE, 1996).

2.5 Energía.

La posibilidad de formar tejidos corporales (metabolismo), como grasa y músculo en el cerdo, solo es factible gracias a una fuente de energía, por ello la importancia del aporte de energía y la valoración de los alimentos para poder formular dietas que satisfagan los requerimientos, sin sobrepasarlos (MACDONALD *et al.*, 1999).

Para medir la energía total de alimentos y fecas (energía bruta) se determina la energía química en términos de calor, expresándola en calorías (cal). Una caloría se

define como el calor necesario para elevar un g de agua desde 14,5°C hasta 15,5°C (CHURCH *et al.*, 2004).

2.5.1 La energía digestible en los alimentos. MACDONALD *et al.* (1999), menciona que el contenido de energía digestible aparente de un alimento, considera la energía bruta menos la energía contenida en las fecas de una determinada ingestión de alimento. Así, la energía digestible de un alimento será el producto de la digestibilidad y la energía bruta del alimento, siendo esta cantidad de energía la que el animal aparentemente puede digerir, o en otras palabras, la energía bruta consumida que no aparece en las fecas.

La digestibilidad de la energía de los alimentos varía en relación a la composición química de los alimentos, como por ejemplo los tipos de carbohidratos. Así los alimentos con mayor contenido de fibra estructural son menos digestibles (GOODWIN, 1975).

La importancia de conocer los valores de energía digestible básicamente es por ser más útil para describir las necesidades energéticas del animal y el contenido energético de los alimentos, ya que esta energía se puede obtener a través de la recolección de fecas en un experimento de digestibilidad. Además, actualmente se conoce el valor de la energía digestible de la mayoría de los alimentarios utilizados en la alimentación de cerdos domésticos (MORALES, 2002).

2.5.2 Importancia de los Carbohidratos. Los carbohidratos son la materia prima de principal utilización en la alimentación animal y constituyen una gran fuente y reserva de energía (MACDONALD *et al.*, 1999).

Los carbohidratos básicamente se clasifican en monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Los dos primeros son fácilmente digestibles por enzimas y microorganismos fermentadores. Los polisacáridos se distinguen entre los de reserva,

como el almidón y glucógeno, y los estructurales, correspondientes a la pared celular de los vegetales, como celulosa, hemicelulosa y pectinas (CHURCH *et al.*, 2004).

El proceso de la digestión de carbohidratos se realiza básicamente en forma enzimática, primeramente por enzimas propias del animal a lo largo del tracto anterior del aparato digestivo, como el caso del almidón o bien por enzimas propias de la microflora del tracto digestivo posterior, en el caso de los polisacáridos no amiláceos, conocidos como PNA (MORALES, 2002).

El Cuadro 1 muestra la composición de carbohidratos de los alimentos de mayor uso en la alimentación porcina. Es importante observar los altos valores de celulosa presentes en las gramíneas forrajeras y de la alfalfa, además del alto contenido de almidón en los cereales. Estos valores son importantes a considerar, ya que los niveles de celulosa y hemicelulosa (además de lignina) en los alimentos modifican la digestibilidad (BUXADE, 1994).

CUADRO 1 Composición de los carbohidratos de distintos alimentos (% sobre MS)

| Componente | Gramíneas forrajeras ¹ | Granos de cereales (maíz) ² | Alfalfa ¹ |
|--------------|-----------------------------------|--|----------------------|
| Azucares | 10 | 0,02 | 5-15 |
| Fructoazas | 1-25 | 0 | 0 |
| Almidón | 0 | 69 | 1-7 |
| Pectinas | 1-2 | - | 5-10 |
| Celulosa | 20-40 | 0,022 | 20-35 |
| Hemicelulosa | 15-25 | - | 8-10 |

FUENTE: 1 BUXADE (1994); 2 MORALES (2002)

El análisis de Van Soest, permite cuantificar la fibra de detergente neutro (FDN), compuesta principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa, y la fibra de detergente ácido (FDA) que corresponde a lignina y celulosa, la cual posee una buena relación con la digestibilidad de los alimentos (MACDONALD *et al.*, 1999).

Los polisacáridos estructurales no son degradados por las enzimas digestivas de los animales, por lo que en monogástricos como el cerdo doméstico y jabalí deben ser fermentadas por microorganismos del intestino grueso (BUXADE, 1994), produciendo ácidos grasos volátiles, como acético, propiónico y butírico, que son absorbidos y participan en el aporte energético (MACDONALD *et al.*, 1999).

2.6 Alimentos para dietas de cerdos domésticos.

Estos pueden ser de origen animal o vegetal, las características o composiciones de cada uno, será entre otras (cercanías a centros de producción, costos de transporte o de producción) la forma de considerar su inclusión en las dietas animales.

2.6.1 Características y composición del Maíz. El maíz es un alimento de origen vegetal. Es considerado como una fuente de energía digestible excelente, sin embargo es bajo en proteína y ésta es de baja calidad. La cantidad de fibra es muy baja. Este grano es utilizado en una gran gama de alimentos para el consumo humano o animal (MACDONALD *et al.*, 1999).

El Cuadro 2, muestra el alto contenido de energía digestible del maíz en el cerdo doméstico, además de un bajo porcentaje de FDA, lo cual favorece su digestibilidad. El maíz es un alimento muy digestible, debido básicamente a la gran cantidad de almidón que posee en su estructura (como se observa en el Cuadro 2), siendo ésta una de las razones de su masiva utilización en dietas para cerdos (y otros animales domésticos) según WHITTEMORE (1998).

CUADRO 2 Composición química del grano de maíz.

| Composición | Cantidad |
|---------------------------------|-----------------|
| Materia seca (%) | 94 |
| Energía digestible (Mcal/kg) | 3,1 |
| Energía metabolizable (Mcal/kg) | 2,715 |
| Energía neta (Mcal/kg) | 1,170 |
| Proteína cruda (%) | 8,3 |
| Grasa cruda (%) | 7,9 |
| Acido linoléico (%) | 4,46 |
| Fibra detergente neutro (%) | 9,6 |
| Fibra detergente ácido (%) | 2,8 |
| Calcio (%) | 0,1 |
| Fósforo (%) | 0,4 |

FUENTE: NRC, 1998.

2.6.2 Características y composición de harina de alfalfa. Este alimento es de origen vegetal, utilizado generalmente como fuente de proteínas. El Cuadro 3 muestra el bajo nivel energético, pero por otro lado un alto nivel de proteína. Sin embargo, muestra un alto porcentaje de FDA, lo cual podría influir sobre la digestibilidad de la harina de alfalfa.

En el cerdo domestico normalmente la tasa inclusión se limita a un 5-10%, lo que aumenta la ED y mejora el sabor, mejorando con ello el consumo voluntario de los alimentos (WHITTEMORE, 1998)

CUADRO 3 Composición química de harina de alfalfa, 17% de PC.

| Composición | Cantidad |
|---------------------------------|-----------------|
| Materia seca (%) | 92 |
| Energía digestible (Mcal/kg) | 2,095 |
| Energía metabolizable (Mcal/kg) | 1,885 |
| Energía neta (Mcal/kg) | 1,290 |
| Proteína cruda (%) | 19,6 |
| Grasa cruda (%) | 3,3 |
| Acido linoléico (%) | 0,44 |
| Fibra detergente neutro (%) | 41,2 |
| Fibra detergente ácido (%) | 30,2 |
| Calcio (%) | 1,61 |
| Fósforo (%) | 0,28 |

FUENTE: NRC, 1998.

2.7 Digestibilidad.

BATEMAN (1970) y MACDONALD *et al.* (1999) definen la digestibilidad de un alimento como la fracción de la materia seca consumida que no aparece en las heces, siendo esta fracción absorbida por el animal. Es necesario considerar que en las heces hay sustancias de origen endógeno y microbiano, por cual hace referencia a una digestibilidad real y a una digestibilidad aparente (MORALES, 2002). Los valores de digestibilidad se entregan en forma de coeficiente, como lo que muestra la siguiente fórmula general del cálculo de digestibilidad (MACDONALD *et al.*, 1999).

$$Digestibilidad = \frac{Nutriente\ consumido - Nutriente\ en\ las\ heces}{Nutriente\ consumido}$$

(2.1)

El coeficiente de digestibilidad varía en cada especie animal, debido a la capacidad intrínseca que posee cada especie para digerir y absorber los alimentos. Alimentos con menor nivel de fibra, como maíz y trigo, tendrán generalmente un coeficiente de digestibilidad más elevado, a diferencia de alimentos con mayor contenido de fibra, como celulosa (BUXADE, 1994).

2.7.1 Factores que afectan la digestibilidad. Según MACDONALD *et al.* (1999), la celulosa y hemicelulosa son parcialmente digestibles, en cambio la lignina no sufre modificación alguna, por ello se explica la relación entre la digestibilidad y fibra de los alimentos.

Según BUXADE (1994) los factores que afectan la digestibilidad, pueden enmarcarse en dos grupos, el primero relacionado con el alimento (nivel de alimentación, composición química de la ración, composición de la ración, etc.) y el segundo con el animal (razas, edad del animal, etc.). Los factores que más afectan la digestibilidad en monogástricos, como el cerdo, se describen en los siguientes puntos.

2.7.1.1 Nivel de alimentación. El aumento del nivel de alimentación, produce una disminución en la digestibilidad de la energía, esto puede explicarse básicamente por que la cantidad relativa de enzimas es menor y por que el tránsito a través del tracto digestivo es más rápido; eso significa menos tiempo para los procesos de digestión y absorción (BUXADE, 1994).

Dietas exclusivamente en base a forrajes, presentan como un efecto la disminución de su digestibilidad, debido al aumento del nivel de alimentación (BUXADE, 1999). Esta disminución de la digestibilidad según MORALES (2002) se explica por una menor relación alimento y enzimas digestivas, además del aumento del tránsito intestinal.

2.7.1.2 Composición química de la ración. La influencia de la composición química de la ración sobre la digestibilidad, es de gran importancia. Así la naturaleza de los

carbohidratos es la característica que más influye. En general se afirma que a mayor contenido de fibra bruta, disminuye la digestibilidad de los componentes orgánicos (BUXADE, 1994).

La digestibilidad de las paredes de la célula vegetal, de alimentos sin procesamiento como granos de cereales es más baja que los granos rolados por ejemplo. Alimentos con mayor contenido de lignina, tienen menor digestibilidad en animales monogástricos, como el cerdo (MACDONALD *et al.*, 1999).

VAN WIEREN (2000) encontró una relación negativa entre el contenido de fibra detergente neutro y la digestibilidad de la materia orgánica. Ella menciona que el aumento en la fibra de detergente neutro eleva los compuestos que generan energía por fermentación en el intestino grueso. Sin embargo, este proceso es menos eficiente que la energía generada por digestión enzimática, así como también un incremento en la fibra detergente neutro está asociado a un paso más rápido por el tracto digestivo.

2.7.1.3 Edad de la planta y estado vegetativo. Existe una directa relación entre el aumento en la edad de la planta y la disminución de la digestibilidad en el animal que la consume, debido principalmente al incremento de la fibra bruta, esta relación también se cumple a medida que aumenta el estado vegetativo de la planta (BUXADE, 1994).

2.7.1.4 Efecto animal. Un mismo alimento administrado a diferentes animales, no siempre será digerido a un mismo nivel, lo que muestra la importancia del efecto animal sobre la digestibilidad (MACDONALD *et al.*, 1999). Además de diferencias entre especies, pueden existir diferencias en la misma especie. VAN WIEREN (2000) informó que la digestibilidad de la materia seca y de la fibra detergente neutro fueron mayores en jabalíes que en cerdos de la raza Meishan. Estas diferencias se deben principalmente a efectos de la dentadura, estructuras digestivas (tamaño, longitud), entre otras. Diferencias que UHR (1995) encontró en su estudio, básicamente en la longitud y desarrollo del intestino delgado, entre el cerdo doméstico y el jabalí, pero sin

encontrar diferencias en el intestino grueso entre los tipos de cerdo, sitio donde se esperarían diferencias, básicamente por el tipo de alimentación de cada animal.

2.7.1.5 Preparación de los alimentos. Los tratamientos, por ejemplo térmicos, mejoran la digestibilidad, principalmente de la fibra en los granos de cereales. Alimentos deshidratados y molidos finamente como la harina de alfalfa, también responden mejorando la digestibilidad de la fibra en el tracto digestivo. Esta mejora no se manifiesta por la acción única de la fermentación, sino por la digestión enzimática de los alimentos (MACDONALD, 1999).

2.7.2 Métodos para determinar la digestibilidad. Existen métodos de laboratorio *in vitro* para determinar por ejemplo la tasa de fermentación de forrajes en cerdos domésticos. Sin embargo, los métodos considerados más precisos son los métodos que involucran ensayos *in vivo* (MACDONALD *et al.*, 1999).

2.7.2.1 Métodos de digestibilidad fecal. La determinación de la digestibilidad de la energía por este método, consiste en suministrar el alimento en estudio en cantidades conocidas a los animales, para luego determinar la excreción fecal total (CHURCH *et al.*, 2004 y MACDONALD *et al.*, 1999).

En experimentos donde se utilizan animales como el cerdo doméstico, se puede utilizar marcadores indigestibles, como óxido de cromo, férrico o carmín que son mezclados con los alimentos (MACDONALD *et al.*, 1999). Este método posee ventajas sobre el método de colección total de fecas debido que no es necesario mantener los animales en jaulas metabólicas, por que el estrés al que se someten los animales es menor y la contaminación de las fecas disminuye notoriamente. Además, BAKKER y JONGBLOED (1994) en su estudio demostraron que no existen diferencias significativas en el contenido de energía digestible de los alimentos entre una colección total y una parcial de muestras fecales. Para este tipo de recolecciones parciales de muestras fecales, se emplea un indicador para determinar la digestibilidad. BATEMAN (1970) precisa que el uso de un indicador, permite el cálculo de digestibilidad sin

necesidad de una colección total de las fecas, esto gracias a las relaciones porcentuales entre el marcador y la materia seca de las fecas y el alimento.

BATEMAN (1970), POND *et al.* (1995) y MACDONALD *et al.* (1999) coinciden en que los indicadores deben ser inertes, insolubles y que transitar por el tracto digestivo en forma uniforme en cuanto a su velocidad, además de no ser absorbidos, no ser tóxicos para el animal, pudiendo ser éste un compuesto presente en el alimento o exógeno, pero que se pueda mezclar en la ración.

El indicador más usado es el óxido de cromo (Cr_2O_3), que puede mezclarse con el alimento y es poco probable que este compuesto se encuentre en forma natural en el alimento (MACDONALD *et al.*, 1999), así los resultados de los valores en los ensayos son más precisos.

MARAIIS (2000) asegura que el óxido de cromo es uno de los mejores marcadores para la utilización en alimentos en estudios con animales de granja como el cerdo, por sus cualidades de insolubilidad en el agua, que le confieren indigestibilidad, principal característica de los marcadores. Otro punto que añade MACDONALD *et al.* (1999), es que esta sustancia rara vez podría encontrarse en un alimento en cantidades importantes. Todo ello, explica su utilización en la mayoría de estudios donde se utilizan indicadores para pruebas de digestibilidad, en especial con animales monogástricos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Consideraciones generales.

Las evaluaciones del presente estudio fueron parte del proyecto “Determinación de la digestibilidad de energía en alimentos en el jabalí y su comparación con el cerdo doméstico”, N° S-2005-04, financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo (DID) de la Universidad Austral de Chile.

3.2 Lugar y duración del ensayo.

La fase experimental del estudio se realizó en la Estación Experimental Vista Alegre, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, entre los meses de octubre del 2005 y enero del 2006.

El análisis químico de las dietas y de las muestras fecales se realizó entre los meses de marzo y mayo del 2006, en el Laboratorio de Nutrición del Instituto de Producción Animal, de la misma casa de estudios.

3.3 Animales y condiciones de alojamiento.

Se utilizaron 6 jabalíes puros (todos machos) y 6 cerdos domésticos híbridos de la raza Landrace y Large White (4 machos y 2 hembras), obtenidos de plantales comerciales cerca de la ciudad de Concepción. El peso vivo inicial de los jabalíes fue de $25,6 \pm 1,5$ kg y el de los cerdos domésticos de $21,1 \pm 2,8$ kg.

Se condujo el estudio en dos lotes, cada uno de ellos ocupó 6 animales (3 jabalís y 3 cerdos domésticos), esto para favorecer el manejo de los animales y la recolección de las muestras fecales. La repetición del estudio aseguró un número de muestras finales suficientes para el análisis estadístico.

La sala de experimentación porcina tiene 6 jaulas metálicas individuales de 2 x 5 m, con piso de concreto y bebederos individuales. La temperatura fue controlada a 22 ± 1 ° C y el ciclo fijo de iluminación fue de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Los animales siempre tenían acceso al agua.

3.4 Alimentos estudiados.

Los alimentos utilizados en el estudio fueron maíz, harina de alfalfa y avena, incluidos en cuatro dietas, que incluían otros alimentos para entregar un balance apropiado de proteínas, energía y minerales. La dieta 1 fue designada como la dieta base (D1), la cual aportó un 70 % de las dietas 2, 3 y 4, y cada alimento en estudio aportó el 30% restante de las dietas D2 a D4. En el Cuadro 4, se observa la composición porcentual de los alimentos en cada dieta que se utilizó en el estudio.

CUADRO 4 Composición porcentual (%) de las dietas en estudio.

| Ingredientes | D1 | D2 | D3 | D4 |
|---------------------------|------|-----------|-----------|-----------|
| Maíz | 0 | 30 | 0 | 0 |
| Avena | 0 | 0 | 0 | 30 |
| Harina de alfalfa | 0 | 0 | 30 | 0 |
| Triticale | 44 | 30 | 30 | 30 |
| Afrecho de cebada | 15 | 10 | 10 | 10 |
| Harina de soya | 7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 |
| Harina de maravilla | 5 | 3.4 | 3.4 | 3.4 |
| Aceite de soya | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Afrecho de trigo | 18.2 | 12.4 | 12.4 | 12.4 |
| Harina de pescado | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Carbonato de calcio | 1.2 | 1 | 1 | 1 |
| Sal | 1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Vitaminas / mix minerales | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Oxido de cromo | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Total (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |

D1: Dieta base; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3; D4: Dieta 4.

Todas las dietas contenían un 0.6 % de óxido de cromo, usado como marcador indigestible. Para el suministro de las dietas se consideró el uso de mascarillas y guantes de goma para realizar el trabajo bajo normas de bioseguridad por tratarse el cromo de una sustancia potencialmente carcinogénica.

3.5 Etapa experimental.

Este periodo se desarrolló desde el 7 de octubre del 2005 al 6 de enero del 2006. A la llegada de los animales, fueron colocados en sus jaulas individuales con una disposición al azar, recibiendo desde ese momento una dieta comercial que permite el acostumbramiento a las jaulas y a la rutina de alimentación, por un tiempo de 7 días.

Las dietas se ofrecieron diariamente durante el estudio en relación al peso metabólico según la fórmula 3.2, en dos porciones de igual peso, en horarios de 08:30 AM y 16:30 PM. Para ello se ajustó la cantidad de las dietas para cada animal, cada vez que se cambió la dieta.

$$\text{Peso de la ración diaria} = 0.1 \times (\text{peso vivo})^{0.75} \quad (3.2)$$

El cambio de dieta era precedido del pesaje de los animales (peso vivo), necesario para el cálculo en la cantidad de dieta que se suministraría al siguiente periodo, esto para ajustarse al cálculo de peso de la ración, antes mencionado.

Las dietas en forma de harina eran entregadas con agua, con una relación peso / volumen 1:1, esto para facilitar el consumo. Los rechazos y / o pérdidas de las dietas durante la alimentación fueron estimadas.

Posterior a los días de acostumbramiento, los animales recibieron las dietas D1, D2, D3 y D4 asignadas cada una de ellas por medio de un cuadrado latino con sobrecambio de orden 4, por un tiempo de 8 días (Cuadro 5). Los primeros 5 días sirvieron para acostumbrar a los animales a las dietas (fase de adaptación), asegurando el consumo y la eliminación de restos de la dieta anterior y en los días 6, 7

y 8 (fase de recolección) se recolectaron las muestras fecales (muestras simples) mediante el método de agarrar (“grab sampling”). Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas con sello hermético, rotuladas y congeladas inmediatamente.

CUADRO 5 Organización del diseño experimental por animal y periodos.

| Lote | Animal | Número | Periodos | | | |
|------|--------|--------|----------|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Jabalí | 1 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | Jabalí | 2 | T2 | T4 | T1 | T3 |
| | Cerdo | 3 | T3 | T1 | T4 | T2 |
| | Jabalí | 4 | T4 | T3 | T2 | T1 |
| | Cerdo | 5 | T2 | T4 | T1 | T3 |
| | Cerdo | 6 | T3 | T1 | T4 | T2 |
| 2 | Cerdo | 7 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | Jabalí | 8 | T3 | T1 | T4 | T2 |
| | Jabalí | 9 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | Cerdo | 10 | T2 | T4 | T1 | T3 |
| | Jabalí | 11 | T2 | T4 | T1 | T3 |
| | Cerdo | 12 | T4 | T3 | T2 | T1 |

T1: Dieta base (D1); T2: Dieta 2 (D2); T3: Dieta 3 (D3); T4: Dieta 4 (D4)

Al inicio del ensayo y entre el primer y segundo lote de repetición se ocupó un tiempo de resguardo para la limpieza y desinfección de la sala de experimentación, esto para entregar las mismas condiciones higiénicas a ambos lotes de animales.

Durante todo el ensayo también se observó el comportamiento de los animales, principalmente la conducta alimentaria y los cambios que ocasionaban el paso de una a otra dieta.

3.6 Análisis químico.

Las muestras simples recolectadas por animal, día y periodo, fueron liofilizadas y luego pesadas para la formación de las muestras compuestas por animal y periodo. Para formar las muestras compuestas, se pesaron las fecas liofilizadas de cada día (por animal y periodo) ajustándose al menor peso de las tres; posterior a esto se molieron finamente en un molino (tamiz), se mezclaron y se analizaron químicamente.

Los análisis de las dietas y muestras fecales se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, perteneciente al Instituto de Producción Animal de la Universidad Austral de Chile.

Se analizaron las dietas para determinar sus contenidos de materia seca, cromo, energía bruta, proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutro, fibra de detergente ácido y extracto etéreo. Las muestras de fecas se analizaron para materia seca, cromo y energía bruta como se describe a continuación.

3.6.1 Determinación de materia seca (MS). Tanto las dietas como las muestras fecales, fueron secadas por medio de una estufa a 105°C de temperatura por 12 horas (BATEMAN, 1970).

3.6.2 Determinación de proteína cruda (PC). Las dietas se analizaron por método Kjeldhal, mediante la digestión de la muestra con H_2SO_4 , posteriormente se destiló y tituló para conocer la cantidad de nitrógeno, con dicho valor mediante aplicación del factor 6.25 se obtuvo el porcentaje proteína cruda (BATEMAN, 1970).

3.6.3 Determinación de fibra cruda (FC). Este análisis se determinó mediante una digestión ácida de la muestra seguida de una digestión alcalina (BATEMAN, 1970).

3.6.4 Determinación de fibra detergente ácido (FDA). Las dietas se analizaron mediante el método de Van Soest, sometiendo las muestras a digestión con detergente ácido (VAN SOEST, 1963).

3.6.5 Determinación de fibra de detergente neutro (FDN). Mediante método de Van Soest las dietas se analizaron bajo digestión de detergente neutro obteniéndose la FDN de las dietas (VAN SOEST, 1963).

3.6.6 Determinación de extracto etéreo (EE). Este análisis de las dietas se realizó sometiendo la muestra a un constante lavado por un determinado periodo de tiempo con el solvente orgánico (BATEMAN, 1970).

3.6.7 Determinación de energía bruta (EB). Con un calorímetro de una bomba de oxígeno se determinó la energía bruta de las dietas y fecas. La medición exacta de los deltas de temperatura del agua permite el cálculo de las unidades de calor liberado (BATEMAN, 1970).

3.6.8 Determinación de óxido crómico (Cr_2O_3). Las dietas y muestras fecales fueron analizadas mediante digestión ácida para convertir el óxido de cromo en cromato utilizando molibdato de sodio como catalizador. Con un espectrofotómetro de absorción atómica se midió la cantidad de cromo haciendo una comparación con la curva estándar del dicromato de potasio (BATEMAN, 1970).

3.6.9 Contenido energía digestible (ED). Para determinar la energía digestible de las dietas, se calculó la energía digestible a través de la siguiente ecuación (BATEMAN, 1970).

$$ED = \left[1 - \left(\frac{EB \text{ de fecas} \times \% Cr_2O_3 \text{ de la dieta}}{EB \text{ de la dieta} \times \% Cr_2O_3 \text{ de las fecas}} \right) \right] \times EB \text{ de la dieta} \quad (3.3)$$

Donde: EB= Energía bruta
 Cr₂O₃= Oxido de cromo
 ED= Energía digestible de las dietas

3.6.10 Energía digestible del ingrediente (EDI). Calculados los valores de energía digestible de las dietas (ecuación 3.3) se calculó la energía digestible de los ingredientes; maíz, avena y harina de alfalfa, además de sus coeficientes de digestibilidad, mediante las siguientes formulas:

$$ED \text{ dieta} = (0.7 \times ED \text{ dieta base}) + (0.3 \times X) \quad (3.4)$$

Donde:
 ED dieta = Energía digestible de la dieta (Mcal/kg), siendo maíz (D2), avena (D3) o harina de alfalfa (D4).
 ED dieta base = Energía digestible de la dieta base (D1) (Mcal/kg).
 X = Energía digestible del ingrediente (Mcal/kg).

Obtenida la energía digestible del ingrediente, se calcularon los coeficientes de digestibilidad del ingrediente (CDI) es decir, maíz, avena o harina de alfalfa, por medio de la siguiente ecuación:

$$CDI = (ED \text{ del ingrediente} / EB \text{ del ingrediente}) \quad (3.5)$$

Donde:

ED del ingrediente= Energía digestible del ingrediente (Mcal/kg).

EB del ingrediente = Energía bruta del ingrediente (Mcal/kg).

La energía bruta de cada ingredientes (EBI) se calculó de similar forma a la energía digestible del ingrediente, por medio de la formula 3.5.

3.7 Análisis estadístico.

Para determinar si existían diferencias en los contenidos de ED en las dietas y entre los cerdos domésticos y los jabalíes, los resultados obtenidos en el estudio se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores corresponden a los ingredientes y el tipo de animal, con 6 repeticiones.

El modelo formal lo muestra la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha_i * \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

(3.6)

Donde:

μ = Efecto global.

α_i = Tipo de cerdo.

β_j = Dietas.

γ_k = Repetición.

$\alpha_i * \beta_j$ = Interacción tipo cerdo y dietas.

ε_{ijk} = Error experimental.

Se utilizó el programa computacional SAS para realizar el análisis estadístico.

4 PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos.

De los resultados obtenidos en este estudio se presentan a continuación; la composición de las dietas, los contenidos de energía digestible (ED) en kcal/g MS y porcentajes de digestibilidad, para los ingredientes maíz y harina de alfalfa, en cerdos domésticos y jabalíes. Los antecedentes y resultados correspondientes a la avena se presentan en otra tesis.

4.1.1 Composición química de las dietas. En el Cuadro 6, se presenta la composición química de las dietas entregadas a los cerdos domésticos y jabalíes.

CUADRO 6 Composición química de las dietas (BMS).

| Nutrientes [▪] | Dietas* | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| | Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
| MS (%) | 86,34 | 86,71 | 86,82 |
| PB (%) | 16,74 | 14,62 | 17,78 |
| EE (%) | 5,30 | 2,68 | 1,82 |
| EB (kcal/g) | 4,51 | 4,25 | 4,32 |
| FC (%) | 7,16 | 5,10 | 14,92 |
| FDN (%) | 20,42 | 19,27 | 29,35 |
| FDA (%) | 8,86 | 7,34 | 17,93 |

* D1= Dieta Base; D2= 70% D1 + 30% Maíz; D3= 70% D1+ 30% Alfalfa.

▪ MS= Materia seca; PB= Proteína bruta; EE= Extracto etéreo; EB= Energía bruta; FC= Fibra cruda; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido.

Los contenidos de MS en las tres dietas eran muy similares, con valores que se encuentran cercanos al promedio de 86,6 % MS. La dieta 3 presentó un 17,78% de PB, siendo levemente más elevado que la dieta 1 y 2, con valores de 16,74 y 14,62% respectivamente. En tanto los contenidos de EB, estos se encontrarán en valores promedios de 4,4 kcal/g de MS, siendo la más alta la dieta 1 con 4,51 Kcal/g MS y la de más bajo contenido la dieta 3 con 4,32 kcal/g MS

Los contenidos de las fibras en las dietas eran más dispares en comparación a los demás nutrientes presentados. Así la FC de la dieta 3 (14,92%), es el doble de la dieta 1 con un 7,16% y casi el triple de la dieta 2 con un 5,1%. En tanto la FDN en las dietas 1 y 2, fue alrededor del 20% y la dieta 3 contenía un 29,35% y en relación a la FDA las dietas 1 y 2 se encuentran alrededor del 8 % en cambio la dieta 3 tiene un valor de 17,93%.

Los cerdos domésticos presentaron pesos de $21,1 \pm 2,8$ kg (inicial) y $29 \pm 2,8$ kg (final) y un crecimiento promedio diario de 0,203 kg. Los pesos promedios de los jabalíes fueron de $25,6 \pm 1,5$ kg (inicial) y $30,1 \pm 3,4$ kg (final), con un crecimiento diario promedio de 0,115 kg

4.1.2 Contenidos de energía digestible (ED).

Los rangos, promedios y errores estándar para los contenidos de ED, se muestran en el Cuadro 7. El maíz presentó los contenidos promedios de ED más altos que harina de alfalfa, para ambos tipos de animales. Los rangos muestran que hubo variación de los contenidos de energía digestible en los ingredientes, siendo más amplios en la harina de alfalfa.

CUADRO 7 Rangos, promedios y error estándar (ES) para los contenidos de energía digestible del maíz y harina de alfalfa, en cerdos domésticos y jabalíes.

| Alimento | Tipo animal | Rango | Promedio | Error estándar |
|-------------------|-----------------|---------------|----------|----------------|
| Maíz | Cerdo domestico | 3,047 – 3,997 | 3,692 | 0,155 |
| | Jabalí | 3,570 – 3,977 | 3,753 | 0,066 |
| Harina de alfalfa | Cerdo domestico | 1,053 – 3,230 | 2,529 | 0,201 |
| | Jabalí | 1,216 – 2,780 | 2,026 | 0,255 |

Para los contenidos de ED de los ingredientes, en conjunto existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tipos de animales, cerdos domésticos v/s jabalíes. Sin embargo solo se observaron diferencias significativas en la harina de alfalfa. Además existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los contenidos de ED de los ingredientes, siendo notoriamente mayores en maíz que en la harina de alfalfa. No hubo interacciones ($P > 0,05$) entre las dietas y los animales.

4.1.3 Coeficientes de digestibilidad (CD). Los valores de CD, se muestran en el Cuadro 8, además se incluyen rangos y promedios.

CUADRO 8 Rangos, promedios y error estándar (ES) para los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes, en cerdos domésticos y jabalíes.

| Ingrediente | Tipo animal | Rango | Promedio | Error estándar |
|-------------------|-----------------|-----------|----------|----------------|
| Maíz | Cerdo domestico | 0,76-1,00 | 0,92 | 0,04 |
| | Jabalí | 0,89-1,00 | 0,94 | 0,02 |
| Harina de alfalfa | Cerdo domestico | 0,27-0,83 | 0,59 | 0,05 |
| | Jabalí | 0,31-0,71 | 0,47 | 0,06 |

Existía una marcada diferencia entre las digestibilidades de los ingredientes, siendo mayores en maíz, en ambos tipos de animales. Los rangos mostraron que la harina de alfalfa tenía la variación más amplia en la digestibilidad de los ingredientes.

Para los valores de la digestibilidad de los ingredientes, en conjunto existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tipos de animales, cerdos domésticos v/s jabalíes. Sin embargo estas diferencias significativas se observaron solo en la harina de alfalfa. Además existieron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los CD de los ingredientes, siendo notoriamente mayores en maíz que en la harina de alfalfa. No hubo efecto o interacciones ($P > 0,05$) entre las dietas y los animales.

5 DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Importancia del estudio.

La incorporación de nuevas especies animales, salvajes o exóticas, para producción de carne, trae consigo diversos retos, como el conocimiento de los manejos productivos y reproductivos, instalaciones y el comercio entre otras. POND y POND (2000) reconocen que el estudio de alimentos tiene gran importancia para los productores y las empresas de alimentos, los cuales necesitan información fehaciente y específica para la producción de jabalíes.

La escasa información sobre la nutrición de los jabalíes la hace notar Van WIEREN (2000) en su estudio del consumo voluntario de fibra y la digestibilidad de la misma, además de comparar cerdos domésticos con jabalíes. Por ello la importancia de conocer cuánto son capaces los jabalíes de digerir o aprovechar los alimentos que consumen, en este caso de maíz y harina de alfalfa. La relevancia del tema para los productores radica en que dietas formuladas para cerdos domésticos son utilizadas en producciones intensivas en alimentación de jabalíes, sin tener aun la certeza de si ambos tipos de animales aprovechan igual los mismos alimentos.

Es importante que los productores de jabalíes cuenten con la información sobre el aprovechamiento de la energía de los alimentos (como el maíz) para evitar un posible engrasamiento de las canales debido a la sobrealimentación, efecto no deseable en la carne de jabalí, ya que el contenido de grasa en la carne de este animal es normalmente más baja que en cerdo domestico (JABALICHILE, 2006), por lo tanto se presume que es mas sana y una alternativa importante en la alimentación.

Por estas razones, se ejecutó la presente investigación, enfocada en los contenidos energéticos aprovechables (energía digestible) de dos alimentos utilizados en la formulación de dietas para cerdos domésticos, maíz y harina de alfalfa.

5.2 Metodología utilizada.

La rutina de alimentación y recolección se realizó a tiempo cada día, sin inconvenientes. La entrega de alimentos (dietas) en forma regular permite a los animales tengan una defecación también más regular, lo cual ayudó a las labores de recolección de fecas. Se utilizó el método descrito por BAKKER y JONGBLOED (1994) para determinación de digestibilidad con uso de marcadores (óxido de cromo) y la colección parcial de fecas. Esta metodología posee ventajas sobre la recolección total de las fecas en jaulas metabólicas: proporciona menos estrés a los animales, debido a que facilita el trabajo de toma de muestras y disminuye la contaminación de las fecas por efecto ambiental por el corto tiempo en que se recolectan, lo cual es muy importante para los análisis de laboratorio, ya que otorga mayor certeza a los resultados. Además, se ha demostrado que no existen diferencias significativas entre la recolección total de fecas v/s la recolección parcial (BAKKER y JONGBLOED, 1994), que es el método que se utilizó en nuestro ensayo.

Durante este ensayo no existieron rechazos cuantitativos de las dietas y todos los animales se mantuvieron en buenas condiciones físicas, en cuanto a su peso y condiciones zoonosanitarias

5.3 Composición química de las dietas. Nutricionalmente, cada dieta contenía los ingredientes necesarios para suplir los requerimientos básicos de los animales (energía, proteína, vitaminas y minerales) y, las tres dietas entregadas a los animales estaban bajo los valores normales de proteína cruda (PC) que contienen las dietas comerciales formuladas para cerdos domésticos en crecimiento (20-50 kg de peso vivo), los cuales son de un 18% PC para un 90% de MS, según NRC (1998), las concentraciones de proteínas en la dieta permitieron a los animales seguir creciendo durante el ensayo.

Los contenidos de energía bruta (EB) de las dietas, si bien no representan un valor de gran significado nutricional eran lo suficientemente elevados considerando como punto inicial en la digestión de la energía a través del tracto digestivo del animal. Según WHITTEMORE (1998), un cerdo de 60 kg (850g/día de ganancia de peso y un

consumo de 2,5 kg/día ración) es alimentado con una dieta balanceada, siendo la EB de 3,25 kcal/g, lo cual es más bajo que los valores de las dietas del presente experimento. También menciona que de la oxidación de los carbohidratos (almidón y celulosa) se extrae alrededor de 4,2 kcal EB/g de MS consumida. Esta EB depende de la composición de las dietas o características de los alimentos, o sea la proporción de carbohidratos, proteínas y grasa, que contenga cada ingrediente (NRC, 1998).

La composición de la dieta 3 (referido a la fibra) está clara y notoriamente afectada por la harina de alfalfa (17% PC), que contiene un 41,2% de fibra de detergente neutro y un 30,2% de fibra de detergente ácido, según NRC (1998).

5.4 Contenidos de energía digestible (ED).

En la producción porcina, los costos de alimentación representan alrededor del 70% de los costos de producción, de ello entre el 70 y 90% corresponde a los ingredientes energéticos y proteicos utilizados en dietas típicas de cerdos domésticos, como el maíz y granos de cereales entre otros. Por ello la importancia y atención hacia este nutriente en las dietas formuladas (POND et al., 1995).

Según la NRC (1998), en cerdos domésticos el valor promedio de ED del maíz es de 3,525 kcal/g, valor que se encuentra cerca del promedio obtenido en el presente experimento, es decir 3,69 kcal/g. En tanto el valor promedio de la harina de alfalfa es de 2,095 kcal/g valor que también se encuentra dentro del rango de resultados obtenidos, en el presente estudio de 1,216 y 2,780 kcal/g (ver Cuadro 2).

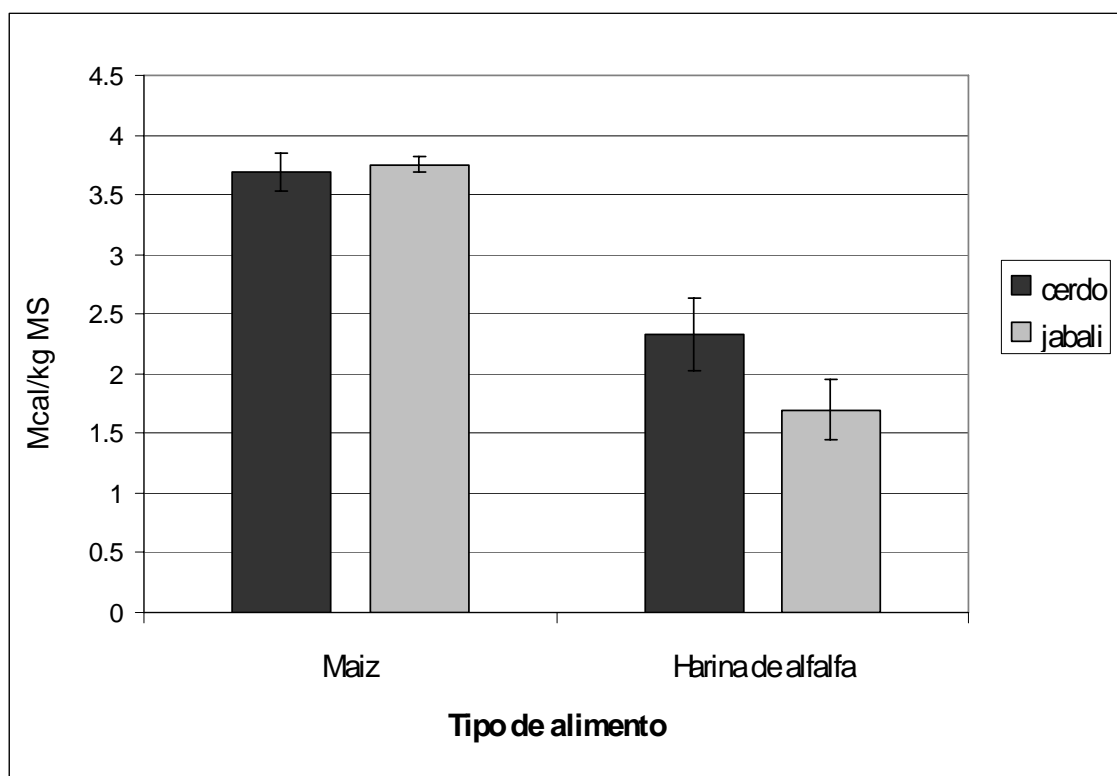


FIGURA 2. Comparación entre tipo de animales, para los contenidos promedios (\pm error estándar) de ED del maíz y harina de alfalfa.

Las diferencias de los contenidos de ED entre los ingredientes se aprecian en el Figura 2. Bajo condiciones controladas de alimentación y ambiente (temperatura, humedad, espacio) no existieron diferencias estadísticas para el contenido de ED del maíz entre el cerdo domestico y el jabalí, pero sí para la harina de alfalfa.

En los cerdos domésticos se obtuvieron valores más altos de ED en harina de alfalfa que en los jabalíes, demostrando una mejor capacidad de digerir la energía contenida en este alimento fibroso. MORALES (2000) al comparar dos líneas de cerdos domésticos, obesos versus magros con dos tratamientos, dieta en base a maíz y dieta en base a bellotas (muy fibrosa) informó que los contenidos digestivos y el tiempo medio de retención fue mayor en cerdos obesos y con dietas fibrosas, lo cual lo atribuye a una determinación genética de los cerdos domésticos seleccionados en base a altas tasas de conversión y elevadas tasas de crecimientos, a través de los años (selección) se han hecho notorias las diferencias físicas y biológicas de los

animales en estado doméstico y salvaje. UHR (1996) estudió las diferencias métricas del aparato digestivo del cerdo y jabalí. Comparativamente el cerdo doméstico posee un intestino delgado más desarrollado (mayor tamaño, peso y volumen) que el de los jabalíes, con lo cual posiblemente absorbe más alimento que el jabalí. El intestino grueso no presentó diferencias, contrario a lo que se pudiera esperar por el tipo de dietas que acostumbra a consumir el jabalí (altas en fibras). Por ello, es probable que la selección genética en base a índices de selección (como ganancia de peso y conversión de alimento) entregue esta capacidad digestiva.

Según CHURCH (2004), las diferencias de contenidos de ED entre los alimentos, se deben básicamente a su composición y la capacidad de aprovechar la energía que contiene un alimento, que sería la energía bruta (EB). La harina de alfalfa y el grano de maíz poseen una EB similar, cercana a 4,5 kcal/g de MS, sin embargo la harina de alfalfa posee componentes fibrosos (lignina) difíciles de digerir a diferencia del maíz, lo que debería disminuir la digestibilidad de la energía. Es por ello que los contenidos de ED se ven notoriamente diferentes entre los ingredientes ($p < 0,01$).

5.5 Coeficientes de Digestibilidad (CD).

El coeficiente de digestibilidad representa la proporción del nutriente que el animal puede digerir. Este índice se utiliza con gran frecuencia para otorgar valores de degradación y absorción de alimentos (BASTIANELI y SAUVANT, 1999), así a mayor CD, mayor será el aprovechamiento del ingrediente. La digestibilidad de los alimentos puede variar debido a la composición química que éstos posean. En los alimentos vegetales, el CD tiende a ser menor, cuando un alimento es más fibroso o cosechado cercano a la floración o sin tratamientos (procesos mecánicos, físicos o químicos entre otros), además varía en relación a las especies de animales que consuman el ingrediente (MACDONALD, 1999).

No se encontraron diferencias estadísticas entre jabalíes (0,94) versus cerdos domésticos (0,92) para los CD del maíz. Sin embargo, sí existieron diferencias significativas en los CD de la harina de alfalfa, siendo mayor en cerdos domésticos (0,59) versus jabalíes (0,47), lo cual se ve en el Figura 3.

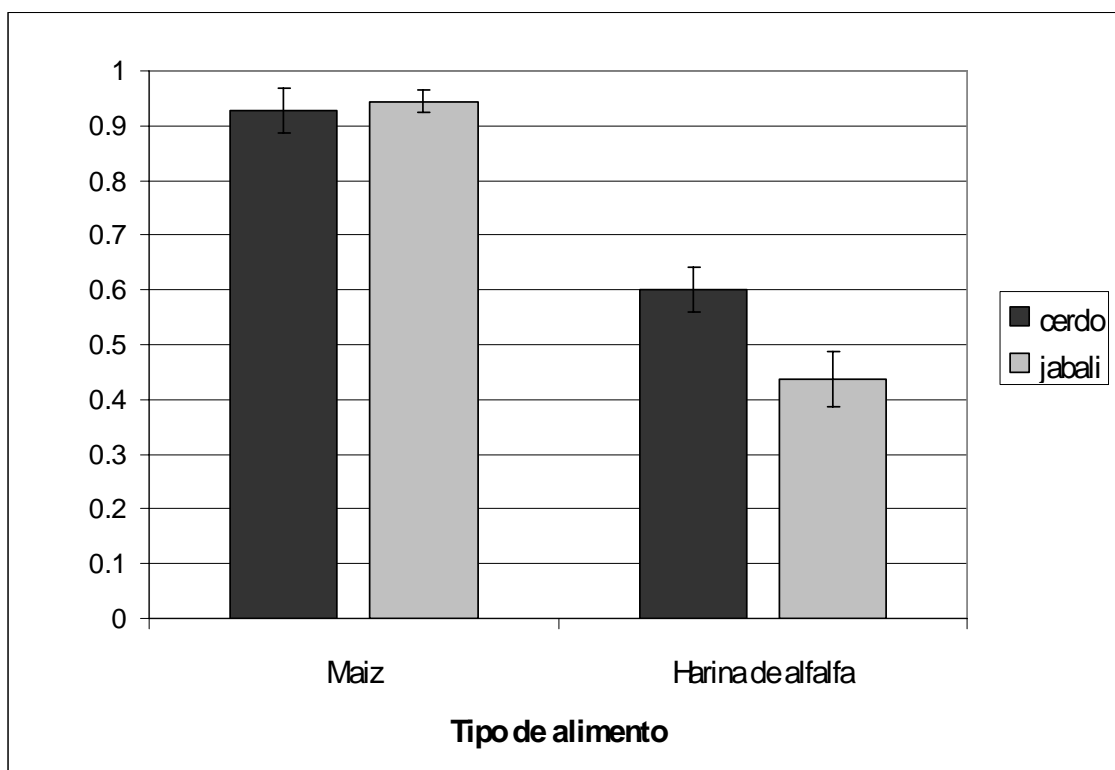


FIGURA 3. Comparación entre tipos de animales, para los coeficientes de digestibilidad promedios (\pm error estándar) del maíz y harina de alfalfa.

El maíz es un alimento menos fibroso (FDN) que la harina de alfalfa y tiene un mayor contenido de carbohidratos altamente digestibles, por ello los animales (cerdos domésticos y jabalíes) lo aprovechan de buena forma, con sobre un 90% de digestibilidad. Las condiciones genéticas del cerdo doméstico, la selección orientada a mayores ganancias de pesos y mayor conversión del alimento, podría explicar por qué un alimento fibroso y voluminoso como la harina de alfalfa es más aprovechado en cerdos domésticos que en jabalíes.

La fibra cruda en los vegetales está básicamente compuesta por carbohidratos estructurales, como la celulosa, hemicelulosa y lignina. La digestibilidad de cada uno de sus componentes es diferente (POND, 1995). La lignina es uno de los componentes más complejos en estructura y es totalmente indigestible por el cerdo al igual que la celulosa. La hemicelulosa, pectinas y derivados de las xilasas son los componentes de la fibra que presentan mayor digestibilidad (WHITTEMORE, 1998).

La fibra de detergente neutro representa las paredes de las células, compuesto por lignina, que es totalmente indigerible, además de celulosa y hemicelulosa que son parcialmente digeribles, en animales monogástricos como el cerdo doméstico (MACDONALD *et al.*, 1999). Existe una relación negativa entre el tránsito intestinal (horas) y la concentración de FDN (% de MS), según BASTIANELLI y SAUVANT (1999), o sea a mayor contenido de FDN menor es el tránsito intestinal en tiempo (horas), por lo tanto a menor tránsito intestinal menor es la digestibilidad de los alimentos con alto nivel de FDN (Pluske *et al.*, 1998 citado por MORALES, 2001). Además el NRC (1998) describe que la harina de alfalfa (17% PC) tiene un 41,2% de FDN y el maíz solo un 9,6% de FDN. Esto podría explicar en alguna medida los menores coeficientes de digestibilidad (CD) de la harina alfalfa versus el maíz en ambos grupos de animales ($P < 0,01$), como se observó en el cuadro 3.

Los carbohidratos que componen los alimentos se digieren a través del tracto digestivo en diferentes lugares, básicamente intestino delgado e intestino grueso. En el intestino delgado, existe un efecto enzimático, por lo que se digiere principalmente almidón (principal componente del grano de maíz), y parte de los PNA (polisacáridos no amiláceos) como la hemicelulosa, lo cual se debe en parte a la acción de microorganismos. Sin embargo, BASTIANELLI y SAUVANT (1999), mencionan que la digestión de algunos sustratos se completa en el intestino grueso (como el almidón o pectinas) y gracias a los productos de ella (ácidos grasos volátiles, AGV), como el acetato, propionato y butirato, contribuye hasta en un 10% de los requerimientos de manutención (energía). En tanto Yen *et al.*, 1991, citados por MORALES, (2001), muestran este aporte de otra manera en su estudio, concluyendo que el aporte de los AGV es de entre 25 a 30% de la energía digestible. Esto explicaría las diferencias en la digestibilidad de los alimentos en el presente estudio, siendo más elevados en maíz que en harina de alfalfa, tanto en jabalíes y cerdos domésticos, ya que los contenidos más altos de almidón y bajos de FDN, favorece la digestibilidad en maíz (MORALES, 2000), en comparación a la harina de alfalfa que posee más lignina.

En base a lo anteriormente expuesto, presentados y discutidos los resultados, no se acepta la hipótesis originalmente planteada, "Los contenidos de energía digestible del maíz y la harina de alfalfa, son similares en cerdos domésticos (*Sus*

scrofa domesticus) y jabalíes (*Sus scrofa* L.)". Los resultados sugieren que los cerdos domésticos y jabalíes aprovechan de buena forma (sobre 90%) el maíz y que al alimentarlos con un alimento fibroso y voluminoso como la harina de alfalfa el cerdo doméstico alcanza valores más altos de digestibilidad de la energía que el jabalí. Por lo tanto, en base a los datos obtenidos, se puede concluir que para alimentos con un bajo nivel de fibra como el maíz (ingredientes similares), se podría utilizar los valores de ED determinados en el cerdo doméstico para formular dietas para el jabalí; no así en el caso de ingredientes con alto nivel de fibra como la harina de alfalfa.

6 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio empleando el método in vivo de recolección parcial de fecas en cerdos domésticos y jabalíes, para los dos alimentos en estudio (maíz y harina de alfalfa), se puede concluir que:

Existen diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de energía digestible entre el maíz y harina de alfalfa para cerdos domésticos y jabalíes. El maíz es más digestible en comparación a la harina de alfalfa, tanto en cerdos domésticos como en jabalíes.

El contenido de energía digestible del maíz no difiere entre el cerdo doméstico y el jabalí. Esto sugiere que ingredientes con bajo contenido de fibra como el maíz, son aprovechados en forma similar por ambos tipos de animales, por lo tanto se podrían utilizar los datos existentes de estos ingredientes obtenidos con el cerdo doméstico para formular dietas para jabalí.

Se observaron diferencias para los contenidos de energía digestible para la harina de alfalfa entre ambos tipos de animales, siendo mayores los coeficientes de digestibilidad en el cerdo doméstico que en jabalíes, por lo cual se deduce que el cerdo doméstico tendría una mejor capacidad de aprovechar alimentos con un alto contenido de fibra que el jabalí.

7 RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar y comparar el contenido de energía digestible en maíz y harina de alfalfa, para cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L.*). Se planteó como hipótesis que existían diferencias en el contenido de energía digestible en maíz y harina de alfalfa entre el cerdo doméstico y el jabalí.

Se utilizaron 6 jabalíes puros (todos machos) y 6 cerdos domésticos híbridos de las razas Landrace y Large White (4 machos y 2 hembras). El peso vivo inicial de los jabalíes fue de $25,6 \pm 1,5$ kg (promedio \pm d.e.) y de los cerdos domésticos de $21,1 \pm 2,8$ kg (promedio \pm d.e.).

Se prepararon tres dietas. Una dieta base (D1), la cual aportó un 70 % para las otras dietas (D2 y D3), y cada alimento en estudio aportó el 30% restante. La alimentación fue en base al peso metabólico de cada animal, entregada dos veces al día en dos horarios, 08:30 y 16:30 horas. Cada animal recibió cada dieta por un periodo de 8 días, con recolección parcial de fecas los días 6,7 y 8.

Se determinó el contenido de energía digestible y los coeficientes de digestibilidad del maíz y la harina de alfalfa en el cerdo doméstico y el jabalí.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre el cerdo doméstico y el jabalí para el contenido de energía digestible del maíz, sin embargo sí existieron dichas diferencias en la harina de alfalfa. Esto significa que el maíz se digiere de similar forma tanto en cerdos domésticos y jabalíes, pero el cerdo doméstico aprovecha mejor la harina de alfalfa como fuente energética que el jabalí.

8 SUMMARY

The objective of this study was to determine and to compare the content of digestible energy in corn and alfalfa meal between domestic pigs (*Sus scrofa domesticus*) and European wild boars (*Sus scrofa L.*). The hypothesis was that there are differences in the digestible energy content of corn and alfalfa meal, between the domestic pig and the wild boar.

A total of 6 bred pure European wild boar (all males) and 6 hybrid domestic pigs of the breeds Landrace and Large White (4 males and 2 females) were used. The initial live weight of the wild boars was of 25.6 ± 1.5 kg (mean \pm s.d) and for the domestic pigs was 21.1 ± 2.8 kg (mean \pm s.d).

Three diets were used. A base diet (D1) contributed 70% of the other diets (D2 and D3), and the two ingredients in the study contributed the remaining 30%. The feeding was based on the metabolic weight of each animal, and diets were fed twice daily at 08:30 and 16:30 hours. Each animal received each diet for a total of 8 days, with fecal sampling conducted on days 6, 7 and 8.

The content of digestible energy and the coefficients of digestibility for the corn and the alfalfa meal were determined in the pig and wild boar.

There were no significant differences in the digestible energy content of corn between the domestic pig and wild boar. However the domestic pig was shown digest more energy in alfalfa meal than the wild boar.

9 BIBLIOGRAFÍA

- BASTIANELLI, D y SAUVANT, D. 1999. Digestion, absorption and excretion. In: Kyriazakis, I. (ed). A quantitative biology of the pigs. CABI publishing. Edinburgh. UK. pp: 21-28.
- BAKKER, M y JONGBLOED, W. 1994. The effect of housing system on apparent digestibility in pigs, using the classical and marker (chromic oxide, acid-insoluble ash) techniques, in relation to dietary composition. J. Sci. Food: Agric 64: 107-115.
- BATEMAN, J. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México, D.F., Mexico. Herreros Hermanos. Sucesores. 468 p.
- BUXADE, C. 1994. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo II. Reproducción y Alimentación. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 344 p.
- BUXADE, C. 1996. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo VI. Porcinocultura Intensiva y Extensiva. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 382 p.
- CHURCH, D., POND, K. y POND, W. 2004. Bases Científicas Para la nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos. 2da ed. Ediciones Limusa Wiley. México. 438 p.

- DE ARECO, C. 2004. El jabalí. (On Line). <<http://www.jabaliesargentinos.com.ar/historia.html>> (27 Septiembre 2006).
- DE LA VEGA, J. 2003. Las Otras Carnes en Chile: Características y Consumo. Valdivia. Universidad Austral de Chile – FIA. Chile. 286 p.
- FERNANDEZ, M. 2005. Caracterización de los productores y de los sistemas de producción de jabalíes (*Sus scrofa* L) en la Décima Región. Tesis de Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Valdivia.
- GOODWIN, D. 1975. Producción y Manejo del Cerdo. Guía Práctica para Granjeros y Estudiantes. Acribia. Zaragoza. España. 194 p.
- JABALICHILE, 2006. Pureza, Sanidad y Genética. (On Line) <<http://www.jabalichile.com/casa.html>> (20 julio, 2005).
- MACDONALD, P., EDWARDS, R. y GREENHALGH, J. 1999. Nutrición Animal. 5ª ed. Zaragoza. España. Acribia. 576 p.
- MARAIS, J. 2000. Use of Markers. In: D'mello, J (ed). Farm Animal Metabolism and Nutrition. Edinburgh. UK. CABI publishing. pp: 255-278.
- MORALES, J. 2002. Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes; comparación entre el cerdo landrace y el ibérico. Tesis doctoral. Barcelona. España. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Veterinaria. 195 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1998. Nutrient Requirements of Swine. W.C., Estados Unidos. National Academy Press. 189 p.

NIXDORF y BARNER, L. 2001. Economic and Production Information for Saskatchewan Producers. Wild boar production. (On line) <<http://www.agr.gov.sk.ca.htm>>. 04 de agosto 2005.

POND, W. y POND, K. 2000. Intoduction to animal science. New York, Estados Unidos. John Wiley. 687 p.

POND, W., CHURCH, D. y POND, K. 1995. Basic animal nutrition and feeding. 4^a ed. Albano. U.S.A. John Wiley. 615 p.

RAMIREZ, R. 2003. Características cárnicas de Jabalí (*Sus Scrofa* L.) domesticado, sacrificados a dos pesos de faenamamiento: Propiedades físico-químicas de la carne. Tesis Ing. Agrónomo. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.

UHR, G. 1995. The intestinal tract and the peyer's patch dimensions of wild boars (*Sus scrofa* L., 1758) and domestic pigs (*Sus scrofa* f. domestica) an allometric comparison. Journal of the Science of Mountain Ecology. 3: 77-82.

VAN SOEST, P. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of AOAC International. 46:829 – 835.

VAN WIEREN, S. 2000. Digestibility and voluntary intake of roughages by wild boar and Meishan pigs. *Journal of Animal Science*. 71: 149-156.

WHITTEMORE, C. 1998. *The Science and Practice of Pig Production*. Blackwell Science. 2^a ed. Edinburgh. U.K. 624 p.