

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGRONOMIA

**Comparación del contenido de energía digestible en
maíz y avena, entre cerdo doméstico (*Sus scrofa
domesticus*) y jabalí (*Sus scrofa L.*).**

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

MARY ELIZABETH SCHMIDT CUBILLA

VALDIVIA – CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE

Suzanne Hodgkinson.

B.Sc.,M.Sc.,Ph.D

PROFESORES INFORMANTES

René Anrique G.

Ing.Agr.,Mg.Sc.,Ph.D

Daniel Alomar C.

Ing.Agr.,Mg.Sc

INDICE DE MATERIAS

Capitulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Sistema digestivo en especies monogástricas	3
2.2	Cerdo doméstico (<i>Sus scrofa domesticus</i>)	6
2.2.1	Origen	6
2.2.2	Nutrición	6
2.3	Alimentos utilizados en dietas para cerdos	9
2.3.1	Fuentes de energía	9
2.3.2	Fuentes de proteínas	9
2.3.3	Maíz (<i>Zea mayz</i>)	10
2.3.4	Avena (<i>Avena sativa</i>)	11
2.4	Jabalí (<i>Sus scrofa L.</i>)	12
2.4.1	Origen	12
2.4.2	Características del jabalí.	12
2.4.3	Nutrición	14
2.5	Energía de los alimentos	15
2.5.1	Clasificación de la energía	16
2.5.1.1	Energía bruta (EB)	16
2.5.1.2	Energía digestible (ED)	16
2.5.1.3	Energía metabolizable (EM)	17
2.5.1.4	Energía neta (EN)	17
2.5.1.5	Importancia de la valoración energética de los alimentos	18

Capitulo		Página
2.6	Digestibilidad	18
2.6.1	Determinación de la digestibilidad de energía	20
2.6.1.1	Pruebas de digestibilidad fecal	20
2.6.1.2	Pruebas de laboratorio	22
3	MATERIAL Y METODO	23
3.1	Ubicación y descripción del lugar de ensayo	23
3.2	Animales	23
3.3	Manejo de los animales	23
3.4	Ensayo	24
3.4.1	Toma muestras fecales	27
3.5	Análisis químico	27
3.5.1	Materia seca (MS)	27
3.5.2	Oxido de Cromo (Cr_2O_3)	28
3.5.3	Energía bruta (EB)	28
3.5.4	Proteína cruda (PC)	28
3.5.5	Fibra cruda (FC)	29
3.5.6	Fibra detergente neutro (FDN)	29
3.5.7	Fibra detergente ácido (FDA)	29
3.5.8	Extracto etéreo (EE)	29
3.5.9	Energía digestible (ED)	30
3.5.10	Energía digestible de los ingredientes (EDI)	30
3.6	Análisis estadístico	31

Capitulo		Página
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Importancia del estudio	32
4.2	Metodología utilizada	33
4.3	Resultados	34
4.3.1	Contenido de Energía digestible (ED)	36
4.3.2	Coeficientes de digestibilidad de energía	39
5	CONCLUSIONES	42
6	RESUMEN	43
	SUMMARY	
7	BIBLIOGRAFIA	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Necesidades de energía y proteínas en cerdos con diferentes pesos vivos	7
2	Composición nutricional del Maíz y Avena	12
3	Características fisiológicas y reproductivas del jabalí europeo silvestre	14
4	Composición de las dietas experimentales	25
5	Composición química de las dietas ofrecidas en el ensayo en base materia seca	35
6	Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento	35
7	Contenido de energía digestible del ingrediente (EDI) para cerdos domésticos y jabalíes	37
8	Composición de fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) en maíz y avena	38
9	Coeficiente de digestibilidad del ingrediente (CDI) para cerdos domésticos y jabalíes	39
	Composición (g/kg) de carbohidratos y lignina en maíz y avena	40

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Aparato digestivo del cerdo	4
2	Características del jabalí europeo	13
3	Esquema de distribución de las dietas a los animales	26
4	Esquema de adaptación a las dietas y recolección de las fecas	26

1 INTRODUCCION

El jabalí (*Sus scrofa L*) taxonómicamente pertenece a la misma especie que el cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*). La carne del jabalí es apetecida por los mercados de los países europeos y también asiáticos, por presentar una carne más magra y sabor propio en comparación al cerdo doméstico. Por esta razón, la producción de jabalíes en el sur de Chile está aumentando rápidamente, para potenciar el desarrollo del mercado de carnes exóticas para una posterior exportación.

Una de las mayores limitantes en la producción del jabalí se encuentra relacionada con la nutrición de la especie, ya que en relación a la formulación de dietas y requerimientos nutricionales del jabalí no existe información científica.

Dado que el jabalí y el cerdo doméstico pertenecen a la misma especie, es posible que una parte de la información científica sobre la nutrición del cerdo doméstico pudiera ser utilizada para la nutrición del jabalí. Sin embargo, es de gran importancia realizar estudios en los cuales se compare aspectos de la nutrición y metabolismo del jabalí con el cerdo doméstico, para poder corroborar si es adecuado utilizar la información existente en cerdos domésticos en la nutrición del jabalí, por ejemplo los valores de energía digestible de ingredientes utilizados para la formulación de dietas en el cerdo doméstico en comparación a los valores de energía digestible en el jabalí.

Los jabalíes utilizados en los sistemas de producción proceden del jabalí salvaje, los cuales habitan un medio en el que consumen altas cantidades de

fibra. Por consiguiente, es posible que su sistema digestivo se haya adaptado para aumentar la eficiencia de la utilización de la fibra en comparación al cerdo doméstico. En tal situación, la digestibilidad de energía de alimentos en el jabalí, sería más alta en comparación al cerdo doméstico.

Por lo tanto, es necesario realizar ensayos para determinar el contenido de energía digestible de ingredientes utilizados en la formulación de dietas para jabalíes, y comparar los valores obtenidos con los valores de ED determinados en el cerdo doméstico, y así determinar si se podría utilizar valores de energía digestible determinados en el cerdo doméstico para formular dietas para los jabalíes.

La hipótesis del presente estudio es que el contenido de energía digestible (ED) en maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*), no presenta diferencias entre el jabalí y el cerdo doméstico.

Por lo tanto, se ha desarrollado el presente estudio con los siguientes objetivos:

1. Determinar los contenidos de energía digestible (ED) en maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*), en el cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) y jabalí (*Sus scrofa L.*).
2. Comparar los contenidos de energía digestible (ED) en maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*), en el cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) y jabalí (*Sus scrofa L.*).

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Sistema digestivo en especies monogástricas.

Antes de describir las estructuras y funciones que forman parte del aparato digestivo en especies monogástricas, es importante definir los conceptos de digestión y absorción de los nutrientes.

Digestión corresponde al proceso de reducción de los alimentos ingeridos por el animal a partículas de menor tamaño, para que puedan ser absorbidas por el animal. En la digestión participan procesos mecánicos, químicos o microbianos, dependiendo del lugar en que se lleve a cabo (BUXADE, 1994; MCDONALD, 1999).

Durante el proceso de absorción, los nutrientes ya digeridos, atraviesan las paredes del tracto digestivo para pasar al sistema sanguíneo y linfático, y de esta forma ser utilizados en el metabolismo (CHURCH, 1977; BUXADE, 1994; MCDONALD, 1999).

El sistema digestivo de las especies monogástricas corresponde a un tubo que se extiende desde la boca al ano, donde ocurren los procesos de ingestión, digestión y absorción de los nutrientes, y una posterior eliminación de material sólido de desecho. Se encuentra constituido por la boca, faringe, esófago, estómago e intestino delgado y grueso como lo indica la Figura 1.

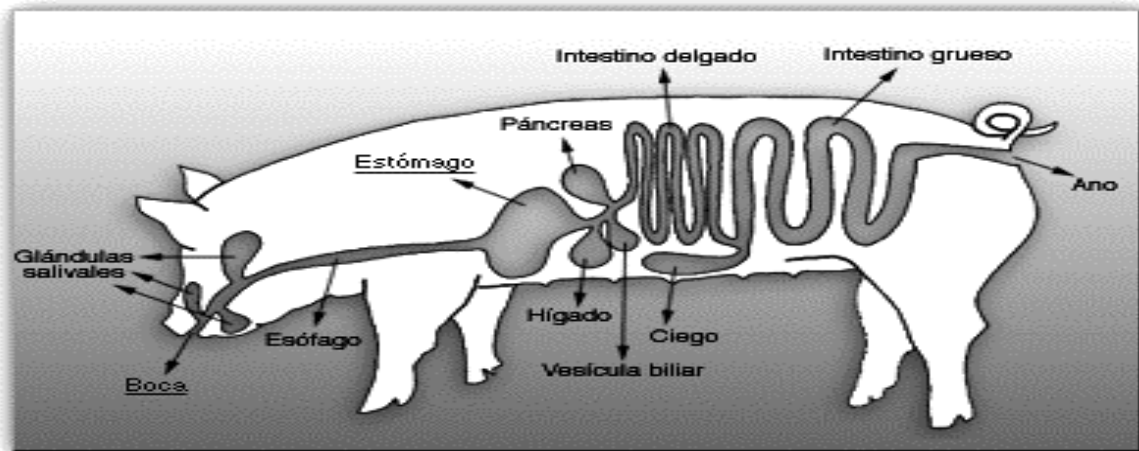


FIGURA 1. Aparato digestivo del cerdo.

FUENTE: www.uc.cl (2006).

La boca corresponde a la estructura que recibe la comida, ocurriendo una trituración del alimento, el cual se mezcla con saliva lo que facilita su paso por el tracto digestivo (CHURCH, 1977; MCDONALD, 1999). La saliva en el cerdo es liberada por las glándulas parótidas, submaxilares y sublinguales. Esta secreción permite la lubricación del alimento ingerido por el animal, una limpieza bucal, ayuda a la vocalización, mata bacterias y contiene α - amilasa, enzima que permite la digestión del almidón (MORRISON, 1951; MCDONALD, 1999).

El estómago del cerdo corresponde a una sola cavidad, que también actúa como reservorio del alimento con una capacidad de 6 a 8 litros aproximadamente (CHURCH, 1977). En el estómago hay producción de mucus, el cual protege a la mucosa, además hay liberación de pepsina lo cual favorece la digestión de las proteínas. También ocurre una liberación de ácido clorhídrico, el cual permite eliminar los agentes patógenos, y además es necesario para proveer el pH en el cual la pepsina esté activa. Otra función importante que ocurre en el estómago, es la liberación del factor intrínseco que

permite la absorción de la vitamina B₁₂ en el intestino delgado (BONDI, 1988; POND, 2002).

El intestino delgado se encuentra conformado por el duodeno, yeyuno e ileon. Al duodeno llegan los alimentos procedentes del estómago, los cuales se mezclan con las secreciones derivadas del páncreas y el hígado, permitiendo la digestión de estos alimentos para una posterior absorción en la región del yeyuno e ileon (MACDONALD, 1999; POND, 2002).

MCDONALD (1999) señala que la absorción en el intestino delgado se ve favorecida por pliegues de la pared intestinal, los cuales aumentan la superficie de absorción.

La mayor absorción de los nutrientes ocurre en el intestino delgado. En el intestino grueso ocurre una absorción de agua y minerales. Además en el intestino grueso hay una actividad microbiana que permite llevar a cabo la fermentación de la fibra, lo cual provee de energía al animal (CHURCH, 1977; POND, 2002).

Finalizada la digestión y absorción de los nutrientes ocurre una posterior eliminación de material de desecho, el cual no es utilizado por el animal. Este material se encuentra formado por agua, residuos de alimentos no digestibles, secreciones digestivas, células epiteliales, bacterias, sales inorgánicas y otros productos de descomposición bacteriana (CHURCH, 1977; BUXADE, 1994; MCDONALD, 1999).

2.2 Cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*).

2.2.1 Origen. De acuerdo a los antecedentes históricos, se considera que la mayoría de los cerdos domésticos que se conocen hoy, descienden del jabalí (*Sus scrofa L.*) (DIAS, 2001).

Existen evidencias arqueológicas que indican que la domesticación del cerdo ocurrió hace aproximadamente 9000 años en el Oriente y China, y a partir de estas regiones el cerdo doméstico se diseminó hacia el resto de Asia, Europa y África. Al Continente Americano fue introducido por los españoles, y a partir de estos orígenes el hombre mejoró genéticamente el animal (POND,1981; DIAS, 2001).

Este mejoramiento genético se observa en la introducción de fuertes modificaciones tanto morfológicas y fisiológicas, las que se asocian a una producción más eficiente de la especie, y una conformación adecuada de la canal (DIAS, 2001).

2.2.2 Nutrición. El cerdo es un animal monogástrico omnívoro capaz de digerir prácticamente cualquier tipo de alimento (SANMIGUEL *et al.*, 2004).

Las exigencias nutricionales del cerdo doméstico varían de acuerdo a la edad, peso, raza y sexo, como también a otros factores como la capacidad de ingesta, hábitat, nivel de fibra y grasa en la dieta, y el estado sanitario en que se encuentran los animales (BUXADE, 1996). El Cuadro 1 expresa las necesidades nutricionales del cerdo con diferentes niveles de peso vivo.

CUADRO 1 Necesidades de energía y proteína en cerdos con diferentes pesos vivos.

	5-10 kg	10-20 kg	20-50 kg	50-80 kg	80-120 kg
ED (kcal/kg) ^a	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
EM (kcal/kg) ^b	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
PC (%) ^c	23,7	20,9	18,0	15,5	13,2

^a ED, energía digestible.

^b EM, energía metabolizable, se asume que la EM es igual a un 96% de la ED.

^c PC, proteína cruda.

FUENTE: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1998).

En explotaciones de tipo intensivo en los diferentes períodos de vida del cerdo, los requerimientos nutricionales varían, por lo cual es necesario alimentarlos de acuerdo a la etapa productiva en que se encuentren. En las etapas de producción se requiere de una alimentación que generalmente se divide en concentrado de iniciación, recría, crecimiento y engorda (ZAMBRANO, 1997).

Los hidratos de carbono son los componentes mayoritarios de las principales materias primas utilizadas en el ganado porcino, considerando que la cantidad varía dependiendo de los ingredientes que se utilicen en la alimentación, siendo los cereales y sus subproductos los que contienen una mayor proporción (PATRIDGE, 1993).

Los hidratos de carbono se clasifican en azúcares de bajo peso molecular, polisacáridos no amiláceos (PNA) y almidón. Dentro de los azúcares de bajo peso molecular las más abundantes en las materias primas utilizadas en la alimentación de monogástricos son la sacarosa y los α - galactósidos (NOBLET, 1994).

En cuanto al almidón, se puede mencionar que este polisacárido es la reserva más importante de energía de los vegetales, cobrando gran importancia en los cereales, los cuales son ampliamente utilizados en la alimentación del cerdo doméstico (POND, 2002). Su digestión ocurre en el intestino delgado del cerdo. Sin embargo se debe considerar que no todo el almidón es digerido y absorbido en forma de glucosa por el intestino delgado, ya que parte de él llega al intestino grueso donde es fermentado por la microflora (NOBLET, 1994).

Los PNA se dividen en sustancias pécticas, hemicelulosa y celulosa, que junto a la fracción de la lignina son definidos como fibra dietética (THEANDER *et al.*, 1994), representando las paredes estructurales de los vegetales.

Como se mencionó con anterioridad, el nivel de fibra en la dieta es un factor que influye en el metabolismo del cerdo (BUXADE, 1996).

Se han desarrollado métodos para cuantificar de forma más precisa el contenido de fibra en la dieta. Fibra detergente neutro (FDN), que cuantifica a la fibra total de un alimento de origen vegetal (celulosa, lignina y hemicelulosa) y fibra detergente ácido (FDA), que corresponde a la estimación de celulosa y lignina (BATEMAN, 1970; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998; MACDONALD, 1999).

Se debe considerar que la utilización de la fibra por el cerdo doméstico, depende de factores como: la fuente de origen de la fibra, grado de lignificación, grado de inclusión dentro de la dieta y factores propios del animal, como la edad y peso, considerando una variación individual entre los cerdos Bell (1960); Farrel (1970); Macnab (1975); Rerat (1978) Apenas, (1979;) citado por (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998).

A la fibra de la dieta le ocurre una fermentación microbiana en el intestino grueso del cerdo, cuyo producto final corresponde a los ácidos grasos volátiles, que le proporcionan energía para sus procesos de mantención y producción (CASTRO, 2002; SANMIGUEL *et al.*, 2004).

2.3 Alimentos utilizados en dietas para cerdo.

En la actualidad existe una amplia variedad de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, que pueden suplir en gran parte las necesidades nutricionales en los cerdos. Por otra parte se encuentran las industrias de alimentos, que generan concentrados que satisfacen las necesidades del cerdo en sus diferentes etapas de producción (DIAS, 2001).

2.3.1 Fuentes de energía. Los granos y los subproductos corresponden a la principal fuente de carbohidratos para los cerdos (POND, 2002). El maíz corresponde al cereal más utilizado en la elaboración de dietas para cerdos, utilizándose también en otras regiones, pero a menor escala, la cebada, el trigo, el centeno y la avena (CASTRO, 2002).

Otras fuentes de energía para cerdos incluyen raíces y tubérculos, como la yuca, papa, camote, melaza de caña de azúcar, grasas y aceites (POND, 2002).

2.3.2 Fuentes de proteína. Después de la energía, la proteína es el nutriente que el cerdo necesita en mayor cantidad. Según POND (2002) por el alto costo que poseen las fuentes de proteínas, se utilizan complementos proteicos que permitan una adecuada formulación de la ración.

Dentro de los complementos proteicos, se encuentran productos de origen animal y vegetal. Los de origen animal por lo general son mas caros que los de origen vegetal, entre ellos se encuentran la harina de carne, harina de

carne y hueso, harina de sangre y harina de pescado. Sin embargo, debido a la exportación de cerdos a los mercados extranjeros, se ha suspendido el uso de la harina de pescado, ya que se traspasa el gusto de pescado a la grasa del cerdo, y además ha bajado la utilización de los productos de origen animal por causa del trastorno de la vaca loca (ZAMBRANO,1997).

En cuanto a las fuentes de proteína vegetal incluyen semillas de oleaginosas, la harina de soya, siendo el principal complemento proteico de origen vegetal (SANMIGEL *et al.*, 2004). Otro grupo corresponde a semillas de leguminosas (POND, 2002).

2.3.3 Maíz (*Zea mays*). Cereal de origen americano de alta producción a nivel mundial, el cual se encuentra destinado al consumo humano, animal e industrial (FUENZALIDA, 2001).

El maíz generalmente se utiliza como el ingrediente base de las raciones destinadas para cerdos (WHITEMORE, 1978) lo cual se relaciona con su alto contenido en almidón, siendo el principal carbohidrato y fuente de energía de la mayoría de las dietas (CASTRO, 2002).

Otra característica que destaca el uso del maíz en la alimentación de cerdos, es su bajo contenido en fibra y mayor contenido graso (ANRIQUE *et al.*, 1995).

El maíz, al igual que otros cereales, presenta ciertas limitaciones para la alimentación porcina, como su bajo contenido de proteína que es de baja calidad (MCDONALD, 1999). Por lo cual, una alta inclusión de maíz en general obliga a optimizar el balance de aminoácidos esenciales y calcio (ANRIQUE *et al.*, 1995). En el Cuadro 2 se presenta la composición nutricional del maíz.

2.3.4. Avena (*Avena sativa*). La avena es el grano más fibroso entre los cereales, y en consecuencia el más voluminoso y de menor valor energético (ANRIQUE *et al.*, 1995; MACDONALD, 1999; CASTRO, 2002) lo que se aprecia en el Cuadro 2.

Comparativamente es el grano más bajo en almidón, y junto con el maíz son los más ricos en grasa. Según MCDONALD (1999) la grasa de la avena es rica en ácidos grasos insaturados, teniendo efecto ablandante sobre las grasas del organismo que lo consume. La porción no fibrosa es bastante soluble, lo cual facilita su digestión enzimática y permite una rápida fermentación (ANRIQUE *et al.*, 1995).

La proteína de la avena es de baja calidad, siendo deficiente en los aminoácidos esenciales metionina, histidina, y triptófano. El contenido en lisina también es bajo, aunque ligeramente superior al de las proteínas de otros cereales (MCDONALD, 1999).

En alimentación porcina, su uso está más restringido a cerdas reproductoras que toleran raciones más voluminosas y en explotaciones no intensivas (ANRIQUE *et al.*, 1995)

CUADRO 2 Composición nutricional del maíz y avena.

Composición Nutricional	Maíz	Avena
% Materia Seca	89	89
Energía Digestible kcal/kg	3,525	2,770
Energía Metabolizable kcal/kg	3,420	2,710
% Proteína Cruda	8,3	11,5
% Fibra Cruda	3,9	4,7
% Fibra Detergente Neutro	9,6	27
% Fibra Detergente Ácido	2,8	13,5

FUENTE: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1998).

2.4 Jabalí (*Sus scrofa L.*).

2.4.1 Origen. Su origen es europeo, siendo el ancestro inmediato del cerdo doméstico (DE LA VEGA, 2003). Se encuentra actualmente presente en forma nativa o introducida en todos los continentes, a excepción de la Antártica (JABALÍ CHILE, 2005).

2.4.2 Características del jabalí. El jabalí europeo es un cerdo salvaje que pertenece a la misma especie que el cerdo doméstico, que alcanza un tamaño de 2 metros de largo y 1 metro de altura (DE LA VEGA, 2003). A una edad madura los machos pueden pesar hasta 150 – 200 kg y las hembras hasta 120 – 170 kg (JABALÍ CHILE, 2005). PLANA (2006) menciona que un macho podría llegar a pesar hasta 300 kg, pero normalmente fluctúa entre 80 y 150 kg.

Su color de pelo es usualmente café oscuro hasta negro. El pelaje se compone de una fina capa interior con una capa exterior de cerdas gruesas y rígidas. En los jabalíes jóvenes (jabatos) se presentan coberturas más claras de

color café amarillento con rayas más oscuras a lo largo del lomo (JABALÍ CHILE, 2005).

Los jabalíes poseen un largo hocico, los machos poseen colmillos como arma de defensa y ataque. Posee orejas erectas como lo muestra la Figura 2, su cola termina con un mechón de pelos y no se encuentra enroscada como la del cerdo doméstico (DE LA VEGA, 2003).

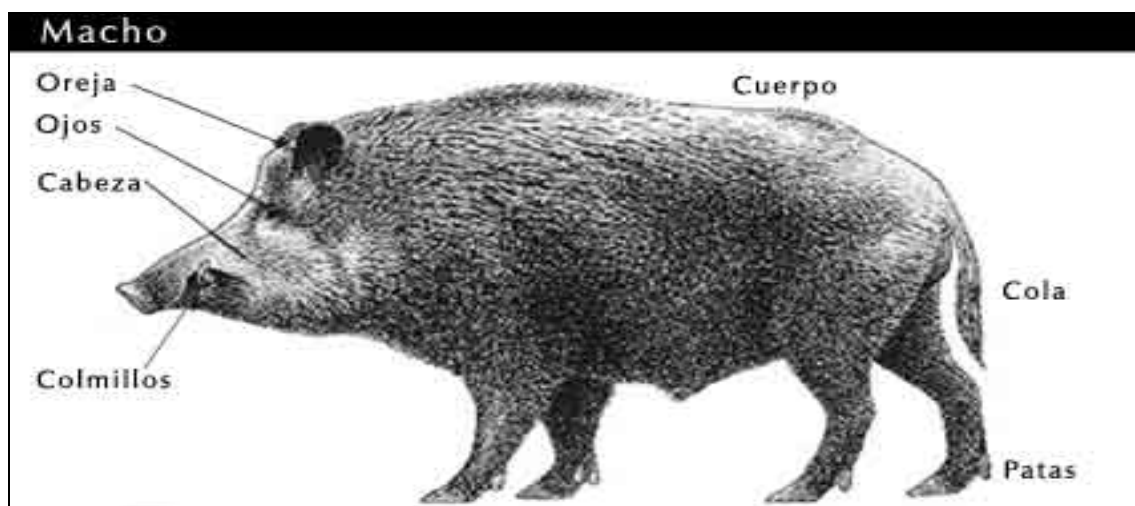


FIGURA 2. Características del jabalí europeo (*Sus scrofa L.*)

FUENTE: www.jabalichile.com (2005).

La actividad reproductiva de la población silvestre es estacional. El parto puede ocurrir en cualquier momento dentro de un período de 6-9 meses, pero la mayoría ocurren en primavera. El Cuadro 3 muestra las características fisiológicas y reproductivas del jabalí europeo silvestre.

CUADRO 3 Características fisiológicas y reproductivas del jabalí europeo silvestre.

Peso nacimiento	0,4 – 0,8 kg de peso
Madurez sexual hembra	8 – 15 meses
Madurez sexual macho	7 – 10 meses
Duración gestación	112 – 120 días
N ° parto / año	1
Duración ciclo estral	21 días
Años fértiles	8 – 10 años
Temperatura del cuerpo	39,3 °C
N ° pezones	8

FUENTE: www.jabalichile.com (2005).

Se debe considerar que el valor entregado en el Cuadro 3 con respecto al número de partos al año, puede variar al referirse a jabalíes que se encuentran en manejos productivos diferentes, ya sea en cautiverio o semicautiverio, donde influyen las características ambientales y alimenticias que le brinde el productor.

En la actualidad, para definir la pureza de un jabalí se utiliza el número de cromosomas. El jabalí posee un número diploide $2n = 36$, en cuanto el cerdo doméstico $2n = 38$, y la cruce entre estas dos especies da un híbrido $2n = 37$ (ROTHSCHILD Y RUVINSKY, 1998).

2.4.3 Nutrición. En estado silvestre, el jabalí habita áreas húmedas boscosas y matorrales, es omnívoro y se alimenta de raíces, tubérculos, frutos, bulbos, bayas, lombrices y animales pequeños (DE LA VEGA, 2003). Según JABALÍ CHILE (2005), un 90% de su dieta corresponde a vegetales, y el 10% restante

corresponde a alimentos de origen animal, como ratones, huevos de pájaros, serpientes y larvas de diferentes insectos.

Estudios realizados en Europa Occidental, indican que la alimentación del jabalí se basa en alimentos de origen vegetal, considerando el tallo, raíces, follaje y cosechas agrícolas, lo cual se relaciona directamente con el área geográfica y la época del año en que se encuentre. Estos estudios fueron basados en el análisis de los contenidos en el estómago y heces, concluyendo que la alimentación del jabalí correspondía a una mezcla de alimentos de origen vegetal y animal, pero el de origen vegetal fue consumido con mayor frecuencia y en mayor volumen (SCHLEY, 2003).

Debido a los pocos datos que existen con relación a la alimentación del jabalí, hoy en día se utilizan las tablas de NRC para cerdos domésticos, las que pueden orientar el racionamiento en jabalíes. Incluyen las necesidades nutricionales del cerdo en sus diferentes etapas de vida y la composición de los alimentos utilizados en la alimentación (AGRICULTURE AND FOOD, 2000).

La alimentación que reciben los jabalíes se basa en insumos energéticos y proteicos, incluyendo afrecho de soya, harina de pescado y a veces triticale como insumos proteicos. En cuanto a los insumos energéticos, se utiliza maíz, trigo, avena y triticale (AGRICULTURE AND FOOD, 2000; FAO, 2005). El jabalí requiere suplementos de vitaminas y minerales, los cuales son suministrados por productos comerciales preparados para cerdos domésticos, señalado por la FAO (2005), citado por (JABALÍCHILE, 2005).

2.5 Energía de los alimentos.

Todas las funciones vitales y productivas del animal requieren energía, por lo tanto la capacidad de aportarla es de gran importancia al determinar el valor nutritivo de los alimentos (BASSI, 2004).

Se produce energía cuando las moléculas orgánicas se oxidan, es decir se combinan con el oxígeno. La energía puede desprenderse en forma de calor o retenerse en forma de compuestos de alta energía, para después ser utilizada por los procesos metabólicos del animal (BONDI, 1988; SANMIGUEL *et al.*, 2004).

2.5.1 Clasificación de la energía. La energía contenida en los alimentos se clasifica como energía bruta (EB), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) (CHURCH, 1977; BONDI, 1988; BUXADE, 1994; MACDONALD, 1999).

2.5.1.1 Energía bruta (EB). La cantidad de energía química existente en los alimentos, se determina convirtiéndola en energía calórica y midiendo el calor producido. La cantidad de calor producido en la combustión completa de una unidad de peso del alimento, se denomina energía bruta (MCDONALD, 1999; BASSI, 2004).

No toda la EB de los alimentos, es utilizable y aprovechable por los animales, parte se pierde en forma de excreciones sólidas, líquidas y gaseosas, y otra fracción se pierde como calor (CHURCH, 1977).

2.5.1.2 Energía digestible (ED). Es la cantidad de energía que el animal es capaz de digerir, por lo tanto a mayor contenido de ED más digerible es el alimento para el animal (TABARÉ, 2004). Esta energía se obtiene al encontrar la diferencia entre el consumo de EB y la energía excretada por las heces (BUXADE, 1994).

La ED es mucho más útil para describir las necesidades energéticas del porcino y el contenido energético de los alimentos, ya que esta energía es viable de obtener a través de la recolección de heces en un experimento de

digestibilidad (BONDI, 1988). Además actualmente se conoce el valor de la ED de la mayoría de los productos alimentarios que se utilizan en la alimentación porcina (CASTRO, 2002).

2.5.1.3 Energía metabolizable (EM). Corresponde a la ED menos la cantidad de energía que se pierde con los gases y la orina (MCDONALD, 1999). La EM representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal, por lo cual proporciona una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos (BONDI, 1988; SANMIGUEL *et al.*, 2004).

Las pérdidas a través de los gases tienen su origen en los procesos de fermentación de los carbohidratos, y las pérdidas a través de la orina tienen su causa en el metabolismo de las materias nitrogenadas, cuyos productos finales son excretados en la orina (BUXADE, 1994).

Los principales factores que afectan a los valores de la EM de los alimentos, son los que afectan a la digestibilidad, por lo tanto se encuentra directamente relacionado con la composición del alimento. También se debe considerar que estos valores se ven modificados dependiendo del tipo de especie que los consume (MCDONALD, 1999).

TABARÉ (2004) menciona que para calcular la EM implica tener en cuenta las pérdidas de energía en forma de gases de fermentación (metano) y en la orina, lo cual en la práctica dificulta el ensayo, considerando que la forma más correcta de medir respuestas en los animales es en ensayos zootécnicos.

2.5.1.4 Energía neta (EN). La energía neta es la diferencia entre la EM y el incremento de calor del alimento (SANMIGUEL *et al.*, 2004). Otra definición según BUXADE (1994) corresponde al resultado del proceso de la alimentación, es decir, lo que ha quedado del alimento, después de las pérdidas, para

satisfacer las necesidades de las funciones vitales del mantenimiento, el crecimiento y la reproducción.

El valor de la EN es la mejor estimación del valor energético de un alimento, pero aquellos relacionados con la producción porcina precisan de métodos que permitan predecir con facilidad y rapidez el valor energético de los alimentos (TABARÉ, 2004).

2.5.1.5 Importancia de la valoración energética de los alimentos. En la alimentación de los animales es importante la estimación del valor energético de los alimentos (CHURCH, 1977).

Mayoritariamente los primeros nutrientes que se consideran son los que aportan energía, por encontrarse en los alimentos en cantidades superiores, y al modo en que los animales responden al rendimiento frente a estos nutrientes (MCDONALD, 1999).

Es importante mantener un equilibrio adecuado entre la energía y los demás nutrientes. Un aumento en la ingestión de energía puede resultar perjudicial para el animal, ya que al aumentar la retención de grasa en el organismo pueden aumentar las necesidades de vitaminas y minerales que intervienen en los sistemas enzimáticos implicados en la síntesis de grasa (NOBLET *et al.*, 2004).

2.6 Digestibilidad.

La materia seca digerible es la porción del alimento ingerido que no aparece en las heces. Se supone que lo que no aparece en las heces haya sido absorbido por el animal, lo cual va a depender del tipo de animal y clase de alimento (BATEMAN, 1970; MCDONALD, 1999).

La forma de cuantificar la digestibilidad es a través del coeficiente de digestibilidad, que se define como el porcentaje de un determinado alimento que después de ser consumido por el animal no es excretado en las heces (BONDI, 1988).

BUXADE (1994) considera que en el material excretado por los animales se encuentran además del residuo no digerido, sustancias de origen endógeno y microbiano, por lo cual hace referencia a una digestibilidad real y a una digestibilidad aparente.

La digestibilidad aparente no toma en cuenta la fracción metabólica (sustancias de origen endógeno y microbiano), a diferencia de la digestibilidad real que sí la considera, representando un valor más exacto, pero a la vez más difícil de evaluar (BATEMAN, 1970).

Existen factores que afectan a la digestibilidad, los que podemos separar en dos grupos: los que están relacionados directamente con el animal y los que se encuentran relacionados con el tipo de alimento (BATEMAN, 1970; BUXADE, 1994; MACDONALD, 1999).

La especie animal afecta a la digestibilidad, de acuerdo a su capacidad de digestión y utilización de los alimentos, por ejemplo los cerdos domésticos presentan un coeficiente de digestibilidad bajo para la fibra, a diferencia de los bovinos (MACDONALD, 1999). VAN WIEREN (2000) menciona en un ensayo de digestibilidad que también existen diferencias dentro de las mismas especies.

Otro factor ligado a la especie animal corresponde a la edad, donde los animales jóvenes presentan una digestibilidad algo superior a los adultos (BONDI, 1988).

En cuanto a los factores relacionados al alimento, BUXADE (1994) menciona el nivel de alimentación, la composición química de la dieta, método de conservación, efecto de procesado y composición de las raciones.

El contenido de fibra bruta es el factor más determinante en el valor de la digestibilidad, ya que al aumentar el contenido de fibra disminuye la digestibilidad. (BUXADE, 1994). Esto se debe a que la fibra puede proteger los componentes de los alimentos de la hidrólisis de las enzimas (BONDI, 1988).

VAN WIEREN (2000) menciona que existe una relación negativa entre el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y la digestibilidad de la materia orgánica, ya que al aumentar la FDN aumentan los compuestos que generan energía por fermentación en el intestino grueso, y este proceso de generación de energía es menos eficiente que la generación de energía enzimática. Además un incremento en la FDN frecuentemente es asociado a un paso más rápido por el tracto digestivo.

2.6.1 Determinación de la digestibilidad de la energía. Existen diferentes maneras de determinar la digestibilidad de los alimentos, entre ellas se mencionan a continuación las siguientes:

2.6.1.1 Pruebas de digestibilidad fecal. En los experimentos de digestibilidad, el alimento se suministra a los animales en cantidades conocidas, determinándose la excreción fecal. Se deben tener varios animales, ya que a pesar de que sean de la misma especie, edad y sexo, pueden presentar diferencias digestivas y de esta forma tener repeticiones que minimizan el error experimental (MACDONALD, 1999).

Los alimentos que se utilizan deben mezclarse homogéneamente, para ser suministrados a los animales durante una semana como mínimo antes de

comenzar la recogida de las heces, para acostumbrar al animal a las dietas y permitir que éste elimine todos los restos del tracto digestivo de los alimentos consumidos con anterioridad. Posterior a este periodo de adaptación se procede a controlar la ingestión del alimento y excreción de las heces para su recolección (CHURCH, 1977; MACDONALD, 1999).

Existen diferentes metodologías para llevar a cabo la recolección de las fecas. Entre ellas se encuentran jaulas de metabolismo, que corresponden a jaulas individuales que permiten la separación de las heces y la orina por medio de una serie de rejillas; arneses con bolsas de goma o cualquier material impermeable que se coloca en la parte posterior del animal permitiendo la colección de las heces; y el uso de marcadores indigestibles en el alimento, el cual debe ser indigestible e inabsorbible por el tracto digestivo del animal, y su presencia no debe alterar la digestión del alimento (BUXADE, 1994; MACDONALD, 1999).

El uso de indicadores permite realizar una colección parcial de las heces, sin medir la ingestión de los alimentos y heces excretadas (BUXADE, 1994). Entre las sustancias utilizadas encontramos el óxido de cromo (Cr_2O_3), el que se mezcla directamente con el alimento (MACDONALD, 1999).

Una vez finalizado el periodo de recolección, las heces pueden ser deshieladas y secadas al aire o secadas al vacío directamente por un liofilizador, para ser analizadas en laboratorio y a través de la siguiente ecuación obtener el valor de la digestibilidad cuando se emplean indicadores (BUXADE, 1994).

$$\text{Digestibilidad} = \frac{g \text{ indicador} / kg \text{ fecas} - g \text{ indicador} / kg \text{ alimento}}{g \text{ indicador} / kg \text{ fecas}} \quad (2.1)$$

2.6.1.2 Pruebas de laboratorio. Con el fin de facilitar los ensayos de digestibilidad, se han realizado pruebas de laboratorio en que se reproducen las reacciones que ocurren en el tracto digestivo del animal, y de esta forma poder determinar la digestibilidad de los alimentos (MACDONALD, 1999).

Este tipo de pruebas en Vitro se ha utilizado para estimar la tasa de fermentación de los forrajes en el cerdo doméstico. Se realizan simulando en una primera etapa la digestión enzimática ocurrida en el estomago y en el intestino delgado, mediante el empleo de pepsina y pancreátina, seguido por una segunda etapa en la cual se simula la fermentación que ocurre en el intestino grueso, utilizando como inóculos heces de cerdos, determinándose la cantidad de gas que se produce en la fermentación y la degradación de la fibra detergente neutra (FDN) (RUÍZ et al., 2005).

Se debe considerar que la forma más adecuada de medir respuesta en los animales, en este caso de digestibilidad de energía es a través de ensayos zootécnicos (TABARÉ, 2004)

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Ubicación y descripción del lugar de ensayo.

El ensayo fue llevado a cabo en la Estación Experimental “Vista Alegre”, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, ubicado a la salida Norte de la ciudad de Valdivia.

Se utilizó un galpón techado con piso de concreto, con 3 jaulas individuales de 1,2 * 2 metros, con su respectivo bebedero automático.

La temperatura del lugar se mantuvo a $20 \pm 1^{\circ}$ C, y controlada a través de un ventilador y un aparato de aire acondicionado. Los animales estuvieron con un ciclo fijo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad.

3.2 Animales.

Se obtuvieron jabalíes puros y cerdos domésticos de la raza Landrace x Largewhite, de plantales comerciales de la ciudad de Concepción, con un peso vivo inicial promedio de $25,6 \pm 1,5$ kg para los jabalíes y $21,1 \pm 2,8$ kg para los cerdos domésticos.

El experimento se inició con 3 jabalíes y 3 cerdos domésticos y se repitió el estudio una segunda vez para dar un n final de 6 animales por cada grupo.

3.3 Manejo de los animales.

Los cerdos domésticos y jabalíes fueron distribuidos al azar entre las jaulas previamente numeradas.

Los animales fueron alimentados en base a su peso metabólico. A través de la siguiente ecuación se calculó la cantidad de alimento por día para cada animal:

$$\text{Cantidad Alimento (Kg)} : PV^{0.75} * 0,10 \quad (3.1)$$

Donde :

PV = Peso vivo de cada animal.

La alimentación se realizó en dos porciones de igual peso, a las 8:30 y 16:30 horas cada día, al igual que la limpieza de las jaulas. El agua se mantuvo limpia y fresca en sus respectivos bebederos.

3.4 Ensayo.

Los primeros 7 días, los cerdos domésticos y jabalíes recibieron una dieta comercial, de la forma que se describe con anterioridad, con el objetivo de acostumbramiento a los animales a las jaulas y rutina de alimentación.

Posterior a este periodo, los animales fueron alimentados en base a 4 dietas, siendo:

D1: Dieta Base.

D2: 70% D1 + 30% Grano Maíz molido.

D3: 70% D1 + 30% Grano Avena molido.

D4: 70% D1 + 30% Harina de Alfalfa.

La composición de las dietas que fueron utilizadas durante el ensayo, se presentan en el Cuadro 4.

CUADRO 4 Composición de las Dietas Experimentales.

Ingrediente	D1 (%)	D2 (%)	D3 (%)	D4 (%)
Maíz	0	30	0	0
Avena	0	0	30	0
Harina de alfalfa	0	0	0	30
Triticale	44	30	30	30
Afrecho de trigo	18,2	12,4	12,4	12,4
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
Vitamina / Min mix	3	3	3	3
Aceite de soya	3	2	2	2
Harina de pescado	2	2	2	2
Sal	1	0.9	0.9	0.9
Carbonato de calcio	1,2	1	1	1
Oxido de cromo *	0,6	0,6	0,6	0,6
Total	100	100	100	100

(*) Marcador indigestible.

Las dietas entregadas a los animales fueron mezcladas con agua (1:1 peso / volumen) para facilitar el consumo y evitar pérdidas. Todas las dietas contenían 0.6 % de óxido de cromo, como marcador indigestible. Y fueron proporcionadas a los cerdos domésticos y jabalíes al azar a través de un diseño experimental cuadrado latino de sobrecambio de orden cuatro, como lo indica la Figura 3.

Tipo animal	Nº animal	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
Jabalí	1	D1	D2	D3	D4
Jabalí	2	D2	D4	D1	D3
Cerdo	3	D3	D1	D4	D2
Jabalí	4	D4	D3	D2	D1
Cerdo	5	D2	D4	D1	D3
Cerdo	6	D3	D1	D4	D2
2ª Repetición					
Cerdo	7	D1	D2	D3	D4
Jabalí	8	D3	D1	D4	D2
Jabalí	9	D1	D2	D3	D4
Cerdo	10	D2	D4	D1	D3
Jabalí	11	D2	D4	D1	D3
Cerdo	12	D4	D3	D2	D1

FIGURA 3. Esquema de distribución de las dietas a los animales.

A cada cambio de dieta se registró el peso vivo de los animales y de esta forma se ajustó la cantidad de alimento según su nuevo peso.

Se realizó una rotación de las dietas cada 8 días, para que cada animal recibiera cada dieta. Dentro de estos 8 días, los primeros 5 días en que el animal recibió la dieta, fueron de acostumbramiento. En los 3 días restantes (6, 7 y 8) se realizó la toma de muestras fecales, como se ilustra en la Figura 4.

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8
ETAPA	ADAPTACIÓN					RECOLECCIÓN		

FIGURA 4. Esquema de adaptación a las dietas y recolección de las fecas.

3.4.1 Toma de muestras fecales. Las muestras de fecas de cada animal fueron tomadas los días 6, 7 y 8 utilizando el “método de agarrar” (BAKKER Y JONGBLOED, 1994) donde éstas eran tomadas al momento en que el animal defecaba, para ser inmediatamente congeladas.

Una vez que se obtuvo la totalidad de las muestras éstas fueron llevadas al laboratorio donde se liofilizaron para posteriormente realizar el análisis químico. Previo a los análisis químicos de cada muestra liofilizada, obtenida durante los 3 días de recolección, se formó una muestra compuesta única de fecas por animal, para cada dieta, en cada periodo.

Para formar la muestra compuesta, se pesaron las muestras simples de cada animal, para cada dieta en cada periodo, y a partir de la que obtuvo el menor peso se basó la cantidad de gramos que se extrajeron de los demás días de recolección, es decir, la muestra final se formó por un 33,3% de cada día de recolección.

3.5 Análisis químico.

En el laboratorio del Instituto de Producción Animal (IPA), de la Universidad Austral de Chile, se analizaron químicamente las dietas D1, D2 ,D3 y D4 para materia seca (MS), cromo, energía bruta (EB), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y grasa cruda (EE). Las muestras de fecas fueron analizadas para MS, cromo y EB. Todos los análisis fueron realizados en duplicado.

3.5.1 Materia seca (MS). Se puso 2 g de muestra en un crisol de porcelana previamente secado y pesado, luego fueron colocados en una estufa a 105° C por 12 horas. Una vez retirada la muestra, ésta fue secada en un desecador y se volvió a pesar para determinar la MS a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ MS} = \frac{(b - a)}{2 \text{ g}} * 100 \quad (3.2)$$

Donde:

a = Peso crisol.

b = Peso crisol + Muestra seca.

3.5.2 Oxido de cromo (Cr₂O₃). Mediante digestión ácida de la muestra el óxido de cromo fue convertido en cromato utilizando molibdato de sodio como catalizador. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica para medir la cantidad de cromo haciendo una comparación con una curva estándar que se obtiene con dicromato de potasio (BATEMAN, 1970).

3.5.3 Energía bruta (EB). Se determinó a través de un calorímetro de bomba de oxígeno. Se pesó alrededor de 1 g de muestra, la cual fue quemada en un recipiente lleno de oxígeno a presión, sumergido en 2 L de agua. Obteniendo el aumento en la temperatura del agua, se pudo determinar las unidades de calor liberadas.

3.5.4 Proteína cruda (PC). Esta fue determinada a través del método de Kjeldahl. Se pesó por duplicado 200 mg de muestra que fueron colocadas en tubos de digestión con 3 mL de H₂SO₄ concentrado adicionado de catalizador, para posteriormente ser llevadas al digestor a 400 °C, luego se procedió a realizar una destilación y finalmente una titulación con HCL valorado. El contenido de PC de la muestra se calculó a través de la siguiente formula:

$$(\%) \text{ PC} = \% \text{ N} * 6,25 \quad (3.3)$$

Donde:

6,25 corresponde al factor que se utiliza para convertir el nitrógeno a proteína.

3.5.5 Fibra cruda (FC). Se determinó mediante una digestión ácida seguida de una digestión alcalina. Después de ambas digestiones la suspensión se filtró y el residuo fue lavado con agua caliente. El residuo final se lavó con alcohol, se secó a 105 °C durante 12 horas, luego se pesó y se calcinó a 550 °C por dos horas. Después se pesó y la diferencia respecto al peso original corresponde al peso de la fibra cruda, lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$\%FC = \frac{\text{Peso crisol} + \text{residuo} - \text{peso crisol calcinado}}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad (3.4)$$

3.5.6 Fibra detergente neutro (FDN). Se utilizó el método VAN SOEST (BATEMAN, 1970). Se pesó 0,5 g de muestra y se colocaron en un vaso de fibra al cual se agregó 100 mL de la solución de detergente neutro, 0,2 mL de amilasa y 0,5 g de sulfito de sodio para ser llevados al condensador de fibra por 60 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se filtró la muestra a través de un crisol previamente pesado, luego fue llevado al horno a 105 °C por toda la noche, finalmente se desecó, enfrió y pesó.

3.5.7 Fibra detergente ácido (FDA). Esta fracción de la pared celular se determinó con el mismo procedimiento que se calculó la FDN. A diferencia de la anterior se utilizó 1 g de muestra y 100 mL de la solución de detergente ácido en lugar de detergente neutro.

3.5.8 Extracto etéreo (EE). Para determinar el EE se pesó 1 g de muestra, ésta fue envuelta en papel filtro y llevada a la estufa por 105° C por un mínimo de 2 horas, una vez retirada la muestra fue puesta en un dedal de extracción, y éste en un vaso previamente pesado con 40 mL de éter para ser puesto en el extractor por 6 horas. Para finalizar, se procedió a recuperar el éter, luego se llevaron los vasos a la estufa a 105° C por 15 minutos, posteriormente fueron colocados en el desecador, enfriados y pesados.

3.5.9 Energía digestible (ED). Para cada dieta, en cada animal se calculó el contenido de ED a través de la presente ecuación:

$$ED = 1 - \left(\frac{EBF * CD}{EBD * CF} * EBD \right) \quad (3.5)$$

Donde:

ED = Energía Digestible (Mcal/kg MS).

EBF = Energía Bruta de la Feca (Mcal/kg).

CD = Concentración de Cromo en la Dieta (%).

EBD = Energía Bruta de la Dieta (Mcal/kg).

CF = Concentración de Cromo en la Feca (%).

3.5.10 Energía digestible de los ingredientes (EDI). Una vez obtenidos los datos de energía digestible de las dietas, se procedió a calcular el contenido de ED de los ingredientes (maíz, avena y harina de alfalfa) y sus respectivos coeficientes de digestibilidad, cuyos valores se obtuvieron al remplazar los datos en las siguientes formulas:

$$EDD = (0.7 * EDDB) + (0.3 * X) \quad (3.6)$$

Donde:

EDD = Energía Digestible de la Dieta 2, 3 y 4, según el alimento que se quiera calcular, es decir maíz, avena ó harina de alfalfa (Mcal/kg).

EDDB = Energía Digestible de la Dieta Base (D1) (Mcal/kg).

X = Energía Digestible del Ingrediente (Mcal/Kg).

El coeficiente de digestibilidad del ingrediente (CDI) es decir, maíz, avena o harina de alfalfa se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$CDI = \frac{EDI}{EBI} \quad (3.7)$$

Donde:

EDI = Energía Digestible del Ingrediente (Mcal/kg).

EBI = Energía Bruta del Ingrediente (Mcal/kg).

Se debe considerar que la EBI se calculó de igual forma como se obtuvo el valor para EDI.

3.6 Análisis Estadístico.

Para evaluar si existen diferencias en el contenido de energía digestible (ED) de los alimentos entre el cerdo doméstico y jabalí, se empleó un diseño estadístico factorial, cuyos factores corresponden a los ingredientes y el tipo de animal, con 6 repeticiones. Se utilizó el programa computacional SAS para realizar el análisis.

El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

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

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.

Una vez que se obtuvo los datos del análisis estadístico se procedió a presentar y discutir los resultados, capítulo que consideró al maíz y avena, siendo la harina de alfalfa parte de otro estudio. Y a partir de este análisis se determinó si existieron diferencias entre el maíz y avena para cerdos domésticos y jabalíes.

4 PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1 Importancia del estudio.

El jabalí presenta varias características que lo convierten en una especie para ser usada como un medio de diversificación ganadera. La carne de jabalí es roja, con muy bajos niveles de grasa insaturada y colesterol (JABALICHILE, 2005), características que son preferidas por los consumidores de carne. Además, desde el punto de vista de su manejo son animales rústicos capaces de adecuarse a sectores de menor calidad en comparación a otras especies ganaderas.

El logro del manejo del jabalí se limita al ámbito de la nutrición. Actualmente se conoce muy poco sobre la nutrición del jabalí, más específicamente a bases científicas sobre los requerimientos nutricionales al momento de formular dietas. Es por eso que se reconoce la necesidad de estudiar factores relacionados con la fisiología de la digestión del jabalí.

El jabalí pertenece a la misma especie que el cerdo doméstico, lo cual podría permitir la aplicación de información científica de diversos estudios realizados en cerdos domésticos a los jabalíes. Frente a esto es necesario realizar estudios en los cuales se compare aspectos de la nutrición y metabolismo de ambos tipos de animales, para poder aplicar con certeza los datos existentes en la formulación de raciones para cerdos domésticos en los jabalíes.

En este estudio se comparó el contenido de energía digestible (ED) del maíz y la avena en el cerdo doméstico y el jabalí, para dar una indicación si los

valores de ED de estos ingredientes y por consiguiente en ingredientes similares en su composición utilizados en el cerdo doméstico, pueden ser utilizados en la formulación de dietas para el jabalí. Se debe considerar que la harina de alfalfa se evalúa en un posterior estudio.

4.2 Metodología utilizada.

El valor energético de un alimento es expresado en términos de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) o energía neta (EN) con diferentes métodos de predicción.

En el presente estudio la valoración del maíz y la avena se expresó en términos de ED a través de una prueba de digestibilidad aparente. Esta metodología se considera una forma precisa, ya que según TABARÉ (2004) la forma más adecuada de medir respuesta en los animales es a través de ensayos zootécnicos. Además, este método de evaluación del contenido de energía en los alimentos ha sido utilizado para el establecimiento de valores recogidos en tablas, entre ellas INRA (1989). NRC (1998) considera que la valoración de los alimentos en cerdos es preferible a través de ED determinados en ensayo, ya que es una forma fácil y precisa, además los valores de ED están disponibles para la mayor parte de los alimentos, lo cual permite realizar comparaciones con los datos que se obtienen en el presente ensayo.

Dentro de la prueba de digestibilidad en los cerdos domésticos y jabalíes, la rutina de alimentación y recolección se realizó en un horario definido. MACDONALD (1999) menciona que facilita el ensayo, ya que los animales defecan en una forma más regular, lo cual facilita la recolección de las heces.

Según un estudio realizado por BAKKER Y JONGBLOED (1994) la utilización del método agarrar para mostrear fecas, utilizado en el presente

ensayo, no muestra diferencias en los contenidos de ED con el método de recolección total de las fecas, y además exhibe claras ventajas. Entre ellas permite una recolección parcial de las heces, lo cual facilita el trabajo de la recolección siendo menos estresante para el animal, dado que no es necesario utilizar jaulas de metabolismo las que pueden alterar el bienestar animal. Además, no permite que la muestra se contamine por el corto tiempo en que se recolectan.

Asimismo se debe mencionar que en esta recolección parcial se hace necesario la utilización de un marcador indigestible, en el presente ensayo se utilizó óxido de cromo (Cr_2O_3).

4.3 Resultados.

No existió rechazo de las dietas evaluadas tanto en los cerdos domésticos como en los jabalíes, por lo cual el estudio fue llevado con éxito en su trayectoria.

Todos los animales mantuvieron un buen estado de salud, lo cual se manifiesta en los aumentos de peso experimentados por los animales. Los cerdos domésticos llegaron con un peso vivo inicial promedio de $21,1 \pm 2,8$ kg alcanzando un peso final promedio de $29 \pm 2,8$ con un aumento promedio diario de 203 g, y los jabalíes presentaron un peso vivo inicial promedio de $25,6 \pm 1,5$ kg y un peso final promedio de $30,1 \pm 3,4$ kg con un aumento promedio de 115 g/día.

La composición química de las dietas que fueron suministradas a los animales en el ensayo se detalla en el Cuadro 5.

CUADRO 5 Composición química de las dietas ofrecidas en el ensayo en base materia seca.

Dieta	PB (%)	EE (%)	FC (%)	EB (kcal/g)	FDN (%)	FDA (%)
Dieta 1	16,7	5,3	7,1	4,5	20,4	8,8
Dieta 2	14,6	2,7	5,1	4,4	19,3	7,3
Dieta 3	15,3	1,9	5,2	4,3	21,3	8,0

D1= Dieta Base; D2= 70%D1 + 30%Grano Maíz; D3= 70%D1+ 30%Grano Avena.

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

Según las características que presentan los animales en el ensayo (edad y peso), estos se clasificarían en una etapa de crecimiento, donde su alimentación en una explotación intensiva se basa en un concentrado de crecimiento (POND, 2002). Los requerimientos nutricionales de los cerdos en esta etapa se presentan en el Cuadro 6. Al comparar los datos obtenidos en el Cuadro 5 con los datos del NRC, se corroboraría que las dietas fueron suministradas en condiciones adecuadas para el desarrollo de los animales, aunque el nivel de proteína en las dietas es más bajo, lo que podría explicar las bajas velocidades de crecimiento de los animales.

CUADRO 6 Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento.

ED (Mcal/kg)	PB (%)	FC (%)
3,4	18	4,0

FUENTE: NRC (1998).

El rango de los contenidos de materia seca (MS) de las tres dietas evaluadas fluctuó entre 86,34 % y 86,92 %, obteniéndose como promedio un 86,7%, valor que varía muy poco entre las dietas. Este valor se relaciona por la composición de las dietas en base a cereales.

Al observar el Cuadro 5, la dieta 1 es la que presenta los mayores valores en su composición química, exceptuando el contenido de FDN, es decir la estimación de hemicelulosa, celulosa y lignina.

El mayor contenido de FDN se obtiene en la dieta 3, lo cual se explica por el 30% de inclusión de avena, ingrediente que por sí solo posee un alto contenido de FDN, de 27 % según NRC (1998).

En cuanto a los demás contenidos, es decir, PB, EE, FC éstos se encontrarían cercanos a los valores normales que contienen las dietas comerciales para cerdos domésticos en crecimiento.

4.3.1 Contenido de energía digestible (ED). La alimentación en los cerdos representa más de la mitad de los costos de producción, siendo el aporte de energía el componente más importante de estos costos de alimentación, el cual es proporcionado principalmente por los cereales (SANMIGUEL *et al*, 2004). De allí la importancia de medir el contenido de ED del maíz y la avena, cereales que se utilizan comúnmente en la alimentación del jabalí para suministrar energía.

El Cuadro 7 presenta los contenidos de ED para el maíz y avena determinados en los cerdos domésticos y los jabalíes.

CUADRO 7 Contenido de energía digestible del ingrediente (EDI) para cerdos domésticos y jabalíes.

Ingrediente	Especie	Promedio EDI (kcal/g)	Error estándar
Maíz	Jabalí	3,75	0,16
	Cerdo	3,69	0,38
Avena	Jabalí	3,06	0,38
	Cerdo	3,19	0,50

Los valores de ED obtenidos fueron comparados con las tablas de NRC (1998), donde se indica que el contenido de ED promedio del maíz para cerdos domésticos es de 3,53 kcal/g, valor que se encuentra cercano al valor obtenido en el ensayo para el maíz. En el caso de la avena la ED promedio según NRC (1998) es de 2,76 kcal/g, cuyo valor también se encuentra cerca del obtenido en el presente estudio.

En el Cuadro 7 se puede observar según los resultados obtenidos, que los contenidos de ED en el maíz son mayores tanto para el cerdo doméstico como para el jabalí en comparación a los contenidos de ED en avena, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Estas diferencias se explican por la composición química que poseen ambos ingredientes, más exactamente en su contenido de fibra, el cual se observa en el Cuadro 8. Esto está en acuerdo con la correlación negativa que se ha reportado entre el contenido de ED y el contenido de FC de un determinado alimento, mencionado por MACDONALD (1999).

CUADRO 8 Contenido de fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) en maíz y avena.

Alimento	Fibra Cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)
Maíz	2,3	9,6	2,8
Avena	10,7	27	13,5

FUENTE: NRC (1998).

En un estudio publicado por VAN WIEREN (2000), se menciona que existe una correlación negativa entre el contenido de FDN y la digestibilidad de la materia orgánica en el cerdo. Este se basa en que al aumentar la FDN de un alimento, aumentan los compuestos que generan energía por fermentación, siendo este proceso de generación de energía menos eficiente que la generación de energía enzimática que ocurre en el intestino delgado, y de esta forma disminuiría el contenido de ED del alimento. Esto pudo haber ocurrido en la dieta con avena, ya que este ingrediente posee una mayor fracción de FDN en su composición, siendo esto congruente con las diferencias encontradas entre el maíz y avena en el presente estudio.

Por lo demás, se debe mencionar que los ingredientes utilizados en el ensayo se clasifican en un nivel bajo y medio en el contenido de fibra, maíz y avena respectivamente, lo que induciría a estas diferencias entre los ingredientes utilizados.

Según el estudio estadístico realizado en el presente ensayo, no se encontraron diferencias en los contenidos de ED para los tipos de animales ($P > 0,05$) lo cual se percibe en el Cuadro 7. Es decir, no hay diferencias en los contenidos de ED en maíz para cerdos domésticos y jabalíes, y tampoco habrían diferencias en los contenidos de ED en avena para cerdos domésticos y jabalíes.

Al no encontrarse diferencias entre el cerdo doméstico y el jabalí en el presente ensayo, se podrían utilizar los valores de ED determinados en el cerdo doméstico para otros alimentos que contengan valores de ED dentro del rango de los obtenidos para el maíz y la avena para formular dietas para el jabalí.

4.3.2 Coeficientes de digestibilidad de energía. El coeficiente de digestibilidad es la forma en que se expresa la digestibilidad de un alimento, considerando que los valores obtenidos en los ensayos de digestibilidad corresponden a la digestibilidad aparente (BUXADE, 1994). Esto significa que además de restos indigeridos de alimentos, las fecas contienen aportes del organismo tales como células epiteliales, microorganismos, y secreciones del tubo digestivo, que en conjunto constituyen la fracción metabólica fecal, de ahí la denominación de digestibilidad aparente.

En el Cuadro 9 se indican los coeficientes de digestibilidad de energía, promedios y error estándar obtenidos en el presente ensayo para el maíz y la avena en cerdos domésticos y jabalíes.

CUADRO 9 Coeficientes de digestibilidad de energía del ingrediente (CDI) para cerdos domésticos y jabalíes.

Ingrediente	Especie	Promedio CDI	Error estándar
Maíz	Jabalí	0,94	0,04
	Cerdo	0,93	0,10
Avena	Jabalí	0,78	0,10
	Cerdo	0,81	0,13

Según los resultados obtenidos en el ensayo, existieron diferencias entre los coeficientes de digestibilidad de energía del maíz y la avena ($P < 0,05$). Los CD de energía para el maíz son mayores en comparación a los CD de energía para la avena en los animales.

Para poder explicar los resultados mencionados, se debe tener presente que la variabilidad de los coeficientes de digestibilidad de energía de un alimento se encuentra ligada a la naturaleza e importancia de su pared vegetal, es decir, la fibra. La pared vegetal se encuentra representada por los polisacáridos no amiláceos (PNA) y la lignina. Dentro de los PNA se encuentran las sustancias pécticas, hemicelulosa y celulosa, en orden decreciente de digestibilidad, siendo la lignina indigestible para el cerdo (NOBLET, 1994).

En el Cuadro 10 se expresa la composición de los carbohidratos y lignina del maíz y la avena, ingredientes utilizados en este estudio.

CUADRO 10 Composición (g/kg) de carbohidratos y lignina en maíz y avena.

Ingrediente	PNA		Lignina
	Celulosa	PNC	
Maíz	22	75	11
Avena	82	150	66

PNC = Polisacáridos no celulósicos (sustancias pépticas y hemicelulosa).

FUENTE: NOBLET (1994).

Al observar los coeficientes de digestibilidad de energía de los ingredientes en el estudio, y relacionarlos con los datos mostrados en el Cuadro 10, se puede observar que el maíz posee menor cantidad de lignina y celulosa en comparación a la avena, lo cual lo convierte en un alimento de digestibilidad mayor, coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En cuanto a los CD de energía para el maíz y la avena de acuerdo al tipo de animal no se encontraron diferencias ($P > 0,05$), entre el cerdo doméstico y el jabalí.

Se han realizado varios estudios de digestibilidad en cerdos, los cuales han arrojado diferentes resultados, entre ellos un estudio realizado por el Instituto de Investigación de Animales de la Universidad de Texas, determinó que no existen diferencias en el sistema digestivo entre el cerdo doméstico y el jabalí cuando consumen cantidades iguales de alimento, (WWW.BIONE.ORG, 2004).

VAN WIEREN (2000) en un estudio realizado entre cerdos domésticos de la raza Meishan y jabalíes, señala que sí existen diferencias entre los dos tipos de animales, lo que está en desacuerdo con el presente ensayo. Una de las razones que podría explicar esta contradicción se relaciona con los alimentos utilizados en el ensayo de VAN WIEREN (2000) los cuales tienen en su composición niveles de fibra más altos y diferenciados que los utilizados en el presente ensayo. Además Stanogias y Pearce (1985) citado por VAN WIEREN (2000) señalan que estas diferencias pueden variar, dependiendo del tipo de dieta.

BAUBET (2004) sugiere que el jabalí se haya adaptado para aumentar la utilización de la fibra en comparación al cerdo doméstico, lo que no coincide con los resultados del presente estudio, ya que ambos animales no presentaron diferencias en la digestibilidad de la energía de los ingredientes, por lo tanto en la eficiencia en la utilización de la fibra.

5 CONCLUSIONES.

En base a lo anteriormente expuesto, presentados y discutidos los resultados, se acepta la hipótesis originalmente planteada, es decir, “No existen diferencias en los contenidos de energía digestible en maíz y avena, entre cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Sus scrofa L.*)”.

Según los resultados obtenidos, para la formulación de dietas para el jabalí se puede utilizar datos de ED determinados en el cerdo doméstico para alimentos que contengan sus valores de ED dentro del rango de los valores obtenidos en el presente ensayo, es decir entre 3,06 y 3,75 Kcal/g, sin la necesidad de realizar nuevas pruebas de digestibilidad en el jabalí.

6 RESUMEN

El objetivo propuesto en este estudio fue determinar el contenido de energía digestible (ED) en maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*), para compararlo entre el cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) y el jabalí (*Sus scrofa L.*). Se estableció como hipótesis que el contenido de energía digestible en maíz y avena no presentan diferencias entre el cerdo doméstico y el jabalí.

Se emplearon seis jabalíes puros y seis cerdos domésticos de la raza Landrace x Large White, con un peso vivo inicial promedio de $25,6 \pm 1,5$ kg para jabalíes y $21,1 \pm 2,8$ kg para cerdos domésticos, en corrales individuales. Se establecieron cuatro dietas experimentales: D1 (dieta base), D2 (70% dieta base + 30% maíz), D3 (70% dieta base + 30% avena) y D4 (70% dieta base + 30% harina de alfalfa), las cuales fueron proporcionadas en base al peso metabólico del animal, dos veces al día en horarios definidos de las 8:30 y 16:30 horas a través de un diseño experimental cuadrado latino con sobrecambio de orden cuatro. Cada dieta fue suministrada por 8 días, los primeros 5 días fueron de adaptación a las dietas, y los días 6, 7 y 8 fueron de recolección de fecas.

Se determinó el contenido de materia seca (MS), cromo (Cr_2O_3), energía bruta (EB), proteína, fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto etéreo (EE) de cada dieta. Para las fecas recolectadas se realizó un análisis de MS, cromo y EB. Se calculó el contenido de energía digestible (ED) de las dietas y a partir de este resultado se calculó el contenido de energía digestible del maíz y avena con su respectivo coeficiente de digestibilidad (CDI).

En la presente tesis se discutieron los resultados obtenidos en el maíz y avena, siendo los resultados de la harina de alfalfa discutidos en una posterior tesis. Para evaluar los resultados se empleó un diseño estadístico factorial, cuyos factores corresponden a los ingredientes (maíz y avena) y el tipo de animal.

En cuanto a la valoración de ED entre el cerdo doméstico y jabalí no se encontraron diferencias ($P > 0,05$). Por lo tanto, para la formulación de dietas en el jabalí, se pueden utilizar los valores de ED de alimentos, determinados en el cerdo doméstico.

6 SUMMARY

The objective of this study was to determine the digestible energy (DE) content of corn (*Zea mays*) and oats (*Avena sativa*) and to compare these values between the domestic pig (*Sus scrofa domesticus*) and the wild boar (*Sus scrofa L.*). The hypothesis was that the DE content of corn and oats does not differ between the domestic pig and the wild boar.

Six purebred wild boars and six domestic pigs of the Landrace x Large White breed were used, with an initial average liveweight of 25.6 ± 1.5 kg for the wild boars and 21.1 ± 2.8 kg for the domestic pigs, housed in individual pens. Four experimental diets were established: D1 (base diet), D2 (70% base diet + 30% corn), D3 (70% base diet + 30% oats) and D4 (70% base diet and 30% alfalfa meal). The diets were given to each animal according to its metabolic weight, twice a day at 8.30 and 16.30h, using a Latin Square design with a fourth order change-over. Each diet was provided for 8 days, with the first 5 days as an adaptation period, and fecal collections conducted on days 6,7 and 8.

The content of dry matter (DM), chromium (Cr), gross energy (GE), crude protein (CP), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and ether extract was determined in each diet. For the feces, analyses of DM, Cr and GE were conducted. The DE content of each diet was calculated and from this result, the DE content of the corn and oats was calculated with the respective digestibility coefficient (DC).

In this thesis, only the results related to corn and oat were discussed, with the results obtained from alfalfa discussed in a later thesis. In order to analyse the results, a factorial statistical design was used, the factors of which corresponded to the ingredients (corn and oats) and the type of animal.

No difference in the DE contents of the corn and oats was found between the domestic pig and wild boar ($P > 0.05$). Therefore, for the formulation of diets for the wild boar, the DE values of ingredients determined in the domestic pig can be utilized.

7 BIBLIOGRAFIA

AGRICULTURE AND FOOD. 2000. Wild boar production. Economic and production for Saskatchewan producers. (On line) <<http://www.agr.gov.sk.ca/docs/livestock/.specialized/wildboarproduction0.1pdf/>>. (1 agos 2005).

ANRIQUE, R; VALDERRAMA, X y FUCHSLOCHER, R. 1995. Tabla de Composición de los Alimentos para el Ganado en la Zona Sur. Valdivia – Chile. UACH – FIA. 56p.

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.

BAUBET,E.,BONENFANT,C. y BRANDT,S. 2004. Diet of the wild boar in the French Alps. Galemys 16: 99-111.

BATEMAN, J. 1970.Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. Centro Regional de Ayuda Técnica y Agencia para el Desarrollo internacional México. 468 p.

BONDI, A. 1998. Nutrición Animal. Zaragoza. España. Acribia SA. 546 p.

BUXADE, C. 1996. Porcinocultura Intensiva y Extensiva. Madrid. España. Ediciones Mundi Prensa. 382p.

- BUXADE, C. 1994. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo II. Reproducción y Alimentación. Madrid. España. Ediciones Mundi Prensa. 344p.
- CASTRO, M. 2002. Manual Agropecuario. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1191p.
- CHURCH, D. 1977. Bases Científicas Para la Nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos. Zaragoza. España. Acribia SA. 462 p.
- DE LA VEGA, J. 2003. Las Otras Carnes en Chile: Características y Consumo. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. 286p.
- DIAS, I. 2001. Agenda del Salitre. Producción Porcina. Chile. Universidad de Chile. pp:1129 – 1165.
- FUENZALIDA, J. 2001. Agenda del Salitre. Maíz. Chile. Universidad de Talca. pp: 593 – 625.
- JABALÍCHILE. (2005). Pureza – Sanidad – Genética. (On line). <<http://www.jabalichile.com/casa.html>>. (1 ago. 2005)
- MCDONALD; E. 1999. Nutrición Animal. 5ª ed. Zaragoza. España. Acribia SA. 576p.
- MORRISON, F. 1951. Alimentos y Alimentación del Ganado. México. 722p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10ª ed. Washington, D.C., Estados Unidos. National Academy Press. 189 p.

- NOBLET, J. 1994. Sistemas de estimación del valor energético de los alimentos para porcinos. (On line). <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/94cap_V.pdf>. (1 ago. 2005)
- PATRIDGE, G. 1993. In feed enzymes and antibodies. Pig Vet J 31: 34 – 50.
- PLANA, M. 2006. Jabalí (*Sus scrofa* L.) (On line). <<http://faunaiberica.org/especies.php3?esp=66>>. (20 agos. 2006).
- POND, W. 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México. Limusa SA. 635p.
- POND, W. y HOUPPT, K. 1981. Biología del Cerdo. Zaragoza. España. 334p.
- ROTHSCHILD, M y RUVINSKY, A. 1998. The Genetics of the Pig. Wallingford. CAB Internacional. 622p.
- RUIZ, M., MUÑOZ, L y LETERME, P. 2005. Desarrollo de una metodología in vitro para estimar la tasa de fermentación de los forrajes en el intestino grueso del cerdo. Tesis de la Maestría en Ciencias Agrarias énfasis Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 97 p.
- SAN MIGUEL, L y SERRAHIMA, L. 2004. Manual de Crianza de Animales. Chile. Lexus. pp: 51-148.
- SCHLEY, L y ROPER, T. 2003. Diet of wild boar *Sus scrofa* in Western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. Mammal Rev. 33 (1): 43 – 56.

- TABARÉ, B. 2004. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. (On line).
<[http://www. Mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm](http://www.Mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm)>. (4 ago. 2005)
- THEANDER, O., AMAN, P., WESTERLUND, E, y GRAHAM, H. 1994.
Enzimatic/chemical analysis of dietary fibre. Journal of AOAC int. 77: 703
– 709.
- UHR,G. 1995. The intestinal tract and the peyer's patch dimensions of wild boar
(*Sus scrofa* L.,1978) and domestic pigs (*Sus scrofa* f. domestica). An
allometric comparison. *Ibex J.M.E* 3:77-82.
- VAN WIEREN, 2000. Digestibility and voluntary intake of roughages by wild
board and meishan pigs. *Anim Sci* 71: 149 – 156.
- WHITTERMORE, 1978. Alimentación. Práctica del Cerdo. Barcelona. España.
Acribia SA. 210 p.
- ZAMBRANO, A. 1997. Efecto Asociativo de los Alimentos Modelo de Simulación
para Cerdos en la Fase Crianza Engorda. Santiago. Chile. Pontificia
Universidad de Chile. 94 p.