

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“COMPARACIÓN DE CUATRO ALIMENTOS BALANCEADOS EN LA  
PRODUCTIVIDAD DE LOS CERDOS EN LAS ETAPAS DE INICIACION A  
FINALIZACIÓN”**

**TESIS QUE PRESENTAN:**

**Guadalupe Morón Santillán  
Eugenia Martínez Marced**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Asesores:**

**Dr. Octavio Calderón Ortiz  
Dr. Rogelio Garcidueñas Piña**

**Morelia, Michoacán. Noviembre de 2005.**



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“COMPARACIÓN DE CUATRO ALIMENTOS BALANCEADOS EN LA  
PRODUCTIVIDAD DE LOS CERDOS EN LAS ETAPAS DE INICIACION A  
FINALIZACIÓN”**

**TESIS QUE PRESENTAN:**

**Guadalupe Morón Santillán  
Eugenia Martínez Marced**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Morelia, Michoacán. Noviembre de 2005.**

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

### **A “Dios”**

Por darle la Vida a mis Padres, y a toda mi familia, por haber puesto en mi camino a un **Ángel** que me guió por el mejor de los senderos de la vida y a mí por la oportunidad de lograr uno de los muchos objetivos y sueños a cumplir.

### **A mis Padres**

Leo Morón Santos y María de los Ángeles Santillán Méndez, por todo el amor que me brindan, por su apoyo moral y económico durante toda mi vida y mi carrera, por su comprensión cuando cometo errores y por sus consejos ya que su presencia es la que día a día me hace continuar con las metas deseadas.

### **A mis Hermanos**

A cada uno de los nueve de mis hermanos, por sus consejos y por su apoyo económico justo en el momento en que más lo necesitaba.

### **Al Dr. Calderón**

Por su ayuda como profesor, asesor, persona, y como amigo que es por siempre, ya que por sus consejos y apoyo pude continuar con este trabajo.

### **A Hugo Jaimes Piñon**

Que me brindo su apoyo incondicional en el momento preciso y más importante de mi vida.

### **A don Balta**

Por brindarme su amistad, su apoyo, su comida y sus consejos durante el proceso de práctica de mi tesis.

### **A don Guilli**

Por tener las palabras de aliento en el momento en que más las necesitaba y por brindarme su amistad.

### **Al Dr. Garcidueñas**

Por su ayuda y por darme la luz verde, ya que sin el no hubiera concluido con este trabajo.

### **A los profesores en general**

Por brindarnos su tiempo, su sabiduría y sus experiencias durante los cinco años en la Facultad.

En honor al **Zully** donde sea que se encuentre en este momento.

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Anatomía y fisiología digestiva del cerdo.....	3
2.2. Alimentos y alimentación.....	5
2.2.1. Requerimientos de energía.....	8
2.2.2. Requerimientos de proteína .....	11
2.2.3. Requerimientos de minerales .....	13
2.2.4. Requerimientos de vitaminas .....	14
2.2.5. Requerimientos de agua .....	14
2.3. Consumo voluntario .....	16
2.3.3. Factores fisiológicos que afectan el consumo voluntario. ....	19
2.3.3. Factores ambientales y de manejo que afectan el consumo voluntario.....	23
2.4. Biología de crecimiento .....	25
2.4.1. Crecimiento de los cerdos.....	25
2.4.2. Nutrición en el crecimiento del cerdo.....	29
2.4.3. Sistema de alimentación en cerdos.....	30
2.4.3.1. Alimentación a libre acceso.....	31
2.5. Parámetros productivos.....	33
2.6. Formación del músculo o tejido magro en los cerdos.....	42
2.6.1. Impacto de la nutrición en el crecimiento magro del cerdo .....	45
2.6.2. Factores que influyen en el crecimiento del tejido magro .....	46
2.6.3. Estimación de la ganancia de tejido magro .....	49
2.6.4. Estimación del crecimiento magro.....	50
2.7. Calidad del producto.....	53
2.7.1. Calidad de la canal.....	53
2.7.2. Comportamiento en la calidad de la canal.....	55
2.7.3. La calidad de la carne de cerdo.....	58
2.7.4. La percepción del consumidor con respecto a la carne de cerdo .....	59
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1 Material .....	64
3.1.1.- Área de estudio .....	64

	Pág.
3.1.2.- Material biológico .....	64
3.1.3. Alimentos proporcionados .....	65
3.1.4. Alojamiento.....	65
3.2. Método .....	65
3.2.1. Selección de los animales .....	65
3.2.2. Tratamientos .....	66
3.2.3. Alimentación (Sistema de alimentación). .....	66
3.2.4. Sacrificio de los animales .....	71
3.2.5. Medición de las variables .....	72
3.2.6. Análisis Estadístico.....	73
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
4.1. Periodo Inicial (de 30 a 60 Kg de peso) .....	75
4.2. Etapa de engorda (60 - 100 Kg) .....	79
4.3. Resultados generales del inicio al final del experimento. ....	81
4.4. Características de la Canal.....	83
4.5. Costos de alimentación .....	85
5. CONCLUSIONES .....	87
6. BIBLIOGRAFÍA.....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales del cerdo, por NRC.....	10
Cuadro 2. Consumo voluntario y parámetros productivos en diferentes etapas.....	34
Cuadro 3. Estimación del consumo de alimentos en cerdos en diferentes etapas de crecimiento.....	34
Cuadro 4. Ganancias de peso por semana.....	36
Cuadro 5. Ganancia diaria de peso.....	36
Cuadro 6. Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento-finalización alimentos <i>ad libitum</i> (porcentaje o cantidad por kilogramo de dieta).....	38
Cuadro 7. Velocidad de crecimiento en cerdos de acuerdo a su edad.....	39
Cuadro 8. Comportamiento esperado del cerdo de acuerdo a la compañía productora de alimentos balanceados Purina®.....	41
Cuadro 9. Programa de alimentación Purina® de alimentos para cerdos.....	63
Cuadro 10. Programa de alimentación Malta® para cerdos.....	68
Cuadro 11. Programa de alimentación la Posta de alimentos para cerdos.....	69
Cuadro 12. Programa de alimentación Magnum® para cerdos.....	70
Cuadro 13. Promedios y desviaciones estándar de las variables analizadas en la etapa de crecimiento (30-60 kg) de los cerdos alimentados con cuatro alimentos comerciales.....	75
Cuadro 14. Resultados obtenidos en la etapa de engorda y finalización (60-100 kg), de los cuatro alimentos que se evaluaron.....	79
Cuadro 15. Resultados generales del sistema de alimentación en las etapas de crecimiento a finalización de 30 a 100 kg.....	82
Cuadro 16. Costos de producción de cerdos durante las etapas de crecimiento y finalización de acuerdo al alimento suministrado.....	85
Cuadro 17. Costos de producción de 1 kg de aumento de peso de acuerdo al alimento proporcionado.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del cerdo.....	4
Figura 2. Predicción del consumo de acuerdo al peso corporal en una población mixta.....	23
Figura 3. Los cerdos alcanzan la siguiente curva de crecimiento.....	27
Figura 4. Alimento disponible para el crecimiento.....	28
Figura 5. Distribución de peso y edades de los cerdos al inicio del experimento, de acuerdo al tipo de alimento suministrado.....	76
Figura 6. Distribución de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de los cerdos al inicio de experimento de acuerdo al tipo de alimento suministrado.....	77
Figura 7. Distribución de edades inicial y final y días que tomaron los animales para alcanzar los 110 kg de peso.....	83



## **RESUMEN**

Se realizó un experimento en el sector de Porcinos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para hacer la comparación de cuatro alimentos balanceados en la productividad de los cerdos en las etapas de iniciación a finalización. (Purina, Malta, Posta, Mágnum), Se evaluaron las variables: Conversión alimenticia (CA), Ganancia diaria de peso (GDP), Consumo de alimento por etapa, Calidad de la canal. Se utilizaron 36 Machos castrados con un peso inicial promedio de 30 Kg, provenientes de las cruzas Yorkshire, Pietrain y Landrace. Cada tratamiento consistió de tres repeticiones, con tres animales. El experimento tuvo una duración de  $103.3 \pm 13.4$  días. En la etapa de crecimiento (30-60 kg) el consumo de alimento ( $86.6 \pm 12.5$ ) y la ganancia de peso ( $30.7 \pm 5.3$ ) fueron superiores en los animales alimentados con Purina y Malta, comparados con Posta y Mágnum ( $P < 0.05$ ). En cuanto a conversión alimenticia los alimentos Purina y Malta presentaron valores similares ( $P > 0.05$ ) de aproximadamente 2.75Kg de alimento por Kg de ganancia de peso, y mejores a los de los alimentos Posta y Mágnum de casi 2.9 Kg de alimento por cada Kg de ganancia de peso. En la etapa de engorda-finalización (60-100 kg), dividiendo los consumos entre los días que duró esta etapa del experimento se obtiene que con Purina consumieron 2.336 Kg de alimento diario; con Malta, 2.407 Kg; con Posta 2.019 Kg, y con Mágnum 1.751 Kg. Las ganancias de peso por día fueron similares entre los alimentos Purina y Malta (750 g/día), menores en Posta (630 g/día), en tanto que el alimento Mágnum presentó los valores más bajos de ganancia de peso por día (590 g/día). El valor más alto de espesor de la grasa dorsal fue con el alimento Malta ( $10.67 \pm 2.65$  mm) y el más bajo Purina ( $10.0 \pm 1.0$  mm); siendo intermedios Posta ( $10.22 \pm 2.17$  mm) y Mágnum ( $10.44 \pm 4.00$  mm). En cuanto al área del ojo de la chuleta, el valor más alto fue obtenido con el alimento Malta ( $34.11 \pm 2.98$  cm<sup>2</sup>) y el más bajo con Mágnum ( $31.11 \pm 5.28$  cm<sup>2</sup>), siendo intermedios Purina ( $32.44 \pm 2.83$  cm<sup>2</sup>) y Posta ( $33.67 \pm 4.50$  cm<sup>2</sup>). Se recomienda el empleo de alimento Malta, ya que en todas las variables analizadas mostró superioridad, junto con Purina; sin embargo, presenta el menor costo de producción por Kg de ganancia

de peso. Se planteó el presente trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar cuatro diferentes alimentos comerciales, para comparar los parámetros productivos y la calidad de la canal de cerdos, desde el destete hasta la finalización.

## **INTRODUCCIÓN**

Las explotaciones porcinas tienen como finalidad la producción de carne para el consumo humano. La carne de cerdo es una valiosa fuente de proteína, energía, vitaminas y minerales, por sí sola, y representa alrededor de 40% de la carne para el consumo humano. Además, dadas sus características de animal omnívoro, la producción porcina se extiende a casi todos los países del mundo.

La orientación económica de nuestra sociedad nos obliga a buscar métodos de producción cada vez más rentables y este aumento de la rentabilidad se ha conseguido mediante una disminución de los costos de producción y un aumento del valor comercial de las canales.

La alimentación representa la mayor parte del costo total de la producción porcina, lo cual tiene repercusiones importantes sobre la rentabilidad de las empresas. Por este motivo, es importante precisar las necesidades nutritivas de los animales. Una alimentación deficiente en calidad o en cantidad implicará una disminución del crecimiento de los cerdos mientras que un exceso de nutrientes significa un incremento en los costos de producción.

Desde un punto de vista nutricional, una alimentación adecuada requiere evaluar convenientemente el potencial nutritivo de las materias primas disponibles y la determinación de las necesidades nutritivas de los cerdos. Sin embargo, la determinación de las necesidades nutritivas no ha sido una tarea fácil. De hecho, numerosos factores intrínsecos (p.ej.: el tipo genético, sexo, etc.) y extrínsecos (p.ej.: temperatura, estado sanitario, etc.) modifican las funciones metabólicas de los animales y en consecuencia, la cantidad de nutrientes que éstos necesitan para

expresar de forma óptima su potencial de crecimiento y la conversión de los alimentos en carne magra.

Por lo tanto, gran parte del éxito de las empresas porcinas ésta íntimamente relacionado con el suministro de una dieta que satisfaga los requerimientos nutricionales óptimos para que el animal exprese adecuadamente su potencial genético, además de que el costo de ésta debe de ser lo más bajo posible para lograr mayores utilidades.

Comercialmente existen muchas compañías productoras de alimentos balanceados de acuerdo a cada una de las etapas productivas del cerdo y sería de esperar que si estuvieran igualmente balanceadas y se suministraran a un grupo homogéneo de cerdos su efecto fuera similar. Sin embargo, en la práctica se ha observado que esto no es así; algunos alimentos parecen dar mejores resultados que otros, a pesar de que aparentemente han sido formulados bajo los mismos contenidos nutricionales.

En tal virtud se planteó el presente trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar cuatro diferentes alimentos comerciales, para comparar los parámetros productivos y la calidad de la canal de cerdos, desde el destete hasta la finalización.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Anatomía y fisiología digestiva del cerdo**

Las sustancias alimenticias suelen ser una mezcla de proteínas, grasas, carbohidratos, agua, minerales y vitaminas. De éstas sólo una pequeña parte puede ser absorbida directamente a través de la pared intestinal, mientras que el resto deben prepararse en la luz del sistema digestivo por demolición extracelular mecánica y enzimática, además de que existe considerable demolición microbiana del material vegetal en su intestino grueso (Dukes y Swenson, 1981).

El aparato digestivo, es un conducto tubular músculo-membranoso, que se extiende desde la cavidad oral hasta el esfínter anal. Sus funciones son las de ingerir, triturar, digerir y absorber los alimentos, además de eliminar los residuos sólidos (Frandsen, 1995; Sisson y Grossman 2001).

El aparato digestivo hace disponibles los elementos nutritivos de los alimentos compuestos hasta hacerlos bastante simples para ser absorbidos y utilizados como energía y para formación de otros compuestos metabólicos (Frandsen, 1995).

El tracto digestivo está tapizado por una membrana mucosa, la que continúa con la piel de la boca y el ano, en sus extremos. Las paredes del tracto digestivo constan de cuatro capas, de dentro hacia fuera son:

- Epitelio escamoso estratificado en la porción glandular del estómago y cilíndrico sencillo, desde dicho lugar.
- Lamina propia (incluidas las mucosas y submucosas musculares).
- Músculos (estriados a nivel del esófago y lisos en el recto del tubo, generalmente en disposición anular y longitudinal).
- Y una cubierta serosa, el peritoneo visceral, caudal al diafragma y sobre la mayor parte de la extensión del tubo digestivo.

Las porciones en que puede dividirse el tracto digestivo son boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y sus glándulas accesorias, que son principalmente las salivales, el páncreas y el hígado (Dukes y Swenson, 1981; Frandson, 1995; Sisson y Grossman, 2001).

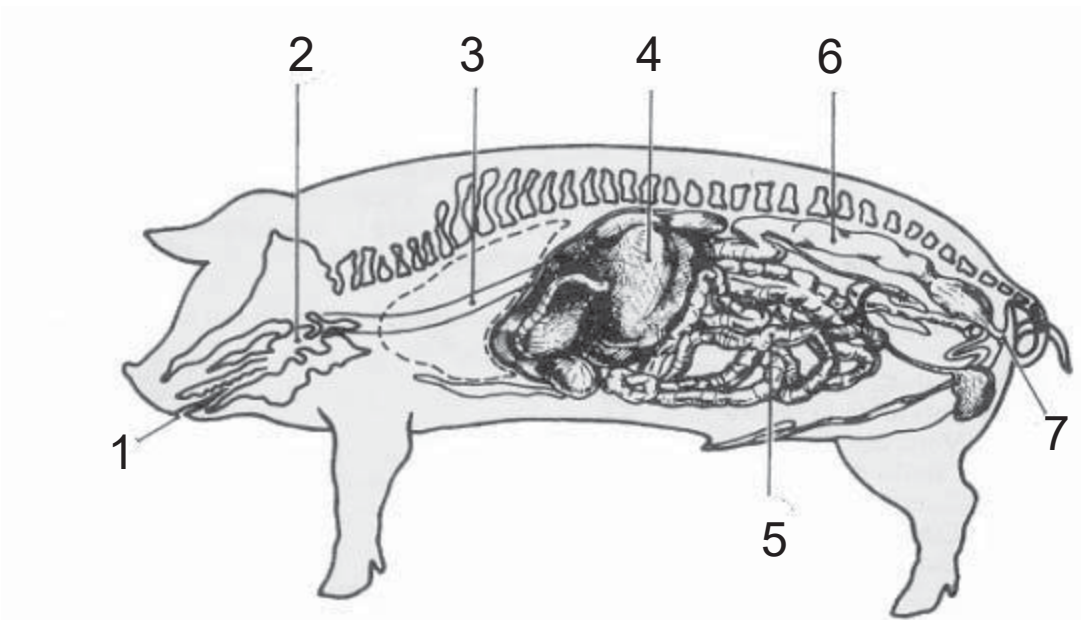


Figura 1. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del cerdo.

- (1) Boca. En su interior están la lengua y los dientes. Estos trituran el alimento y lo mezclan con saliva iniciando su digestión.
- (2) Faringe. Es la unión entre la boca y la cavidad nasal
- (3) Esófago. Es un tubo corto y casi recto que conduce el alimento hasta el estómago.
- (4) Estómago. Su capacidad varía entre 6 y 8 litros en los animales adultos. Su pared tiene cuatro capas, la capa mucosa posee glándulas que secretan ácidos y enzimas digestivas. La válvula de entrada al estomago se llama píloro.
- (5) Intestino delgado. Tiene una longitud de 20 m y una capacidad de 9 litros.
- (6) Intestino grueso. Tiene una longitud total de 5 m. Se divide en ciego, colon y recto. El contenido total es de 10 litros. En los intestinos se realiza la absorción de los alimentos.
- (7) Ano. Es el final de recto, por donde son expulsados los desechos de la digestión (Frandsen, 1995).

## **2.2. Alimentos y alimentación**

Un alimento es una sustancia nutritiva de origen animal o vegetal, indispensable en el proceso vital. Ingeridos por un organismo, los alimentos deben suministrar la materia prima para el crecimiento y reparación de los tejidos, la energía

necesaria y los elementos reguladores de las funciones fisiológicas, en otras palabras, todas las actividades del organismo requieren de un consumo de energía que se deriva de la oxidación de los alimentos (Dukes y Swenson, 1981; Shimada, 2003).

Los alimentos destinados para consumo animal se pueden clasificar de diversas formas:

- Por su estructura: en simples y compuestos.
- Por su poder nutritivo: en completos e incompletos.
- Por su origen en la naturaleza: en minerales, animales y vegetales (Maynard *et al*, 1998; Shimada 2003).

El costo de alimentación de los cerdos representa entre el 65% al 89% de los costos totales de producción de cerdos. Por lo tanto, las pérdidas o ganancias que se obtengan en una explotación dependerán en gran medida de que estos costos se mantengan al mínimo (Shimada, 2003).

La alimentación debe entenderse como la serie de procedimientos a seguir para proporcionar a los animales una nutrición adecuada, entendiendo que la alimentación se refiere a lo que se da a comer (ingredientes, cantidades), mientras que nutrición se refiere al destino que tiene el alimento una vez ingerido (Ensminger, 1980).

El uso de dietas adecuadamente balanceadas para suministrar los requerimientos nutricionales del cerdo durante todo su ciclo de vida (Cuadro 1), es uno de los medios más eficientes de reducir los costos del alimento. Así mismo, las



necesidades alimenticias de los porcinos varían según el propósito con que se mantienen y la etapa productiva en que se encuentran.

La etapa de crecimiento comprende de los 23 a los 50 kg de peso y la de finalización de los 50 al peso de venta. Durante esta última la curva de crecimiento se modifica de tal forma que los cerdos tienden a depositar grasa, lo que resulta antieconómico, ya que se requiere de una mayor cantidad de energía metabolizable (EM) para depositar un gramo de grasa corporal (12.78 Kcal. EM/g) en comparación con la requerida para la síntesis de un gramo de proteína (10.49 Kcal. EM/g). Por otra parte, en el mercado se cotizan preferencialmente los cerdos magros, en comparación a los de tipo graso.

Hasta el momento los requerimientos energéticos para cerdos en etapas de crecimiento y finalización no se han podido definir del todo bien; de cualquier forma se han sugerido niveles mínimos de 3250 a 3275 Kcal. De EM/kg, 15 y 13% de proteína cruda (PC), y de 0.85 a 0.7% de lisina para las etapas de crecimiento y finalización respectivamente.

Se ha encontrado que las hembras convierten mas eficientemente y tienen canales mas magras que los machos castrados; por consiguiente, la separación por sexos llevada a cabo a partir de los 50 kg tiene la finalidad de hacer eficiente la engorda. Sin embargo, para aprovechar al máximo las ventajas ofrecidas por el crecimiento y desarrollo de la hembra, es recomendable proporcionar dietas para cada uno de los sexos, ya que ésta tiende a ser más eficiente utilizando la lisina, y al alimentar por una sola dieta se desperdicia la proteína proporcionada a los machos castrados. Por otra parte, en este sistema se recomienda:

- Restringir el consumo en el animal castrado
- Alimentar a las hembras con dietas ricas en lisina,
- Vender a los machos castrados antes que a las hembras.

Finalmente, al establecer sistemas de alimentación que cumplan y se adapten a las necesidades particulares de cada granja, es posible obtener ganancias y conversiones razonables, aunque para ello es indispensable implementar un sistema de registros que permita evaluar el progreso de los animales en la etapa terminal (Herradura, *et al.*, 1998).

En el cuadro 1 se muestran los requerimientos de nutrientes recomendados por el NRC para los cerdos para abasto de acuerdo a su etapa productiva, clasificada de acuerdo a los intervalos de pesos referidos en el propio cuadro.

Además, son necesarios aminoácidos, minerales, energía, agua, proteína, lípidos y ceniza para sostener el crecimiento, la reproducción y la lactación, para la síntesis de músculo y tejido adiposo, hueso, pelo, piel y otros componentes del cuerpo. Los suplementos de los nutrientes en la dieta de los cerdos se deben de dar en cantidades adecuadas esenciales, palatables y utilizados en orden para crecimiento óptimo, reproducción y lactación.

### **2.2.1. Requerimientos de energía**

La energía es producida cuando las moléculas orgánicas pasan a la oxidación y se clasifica como energía grasa, energía digestible y energía metabolizable.

La energía grasa es la energía liberada cuando una sustancia en combustión se quema por completo. La concentración de energía grasa en la alimentación depende de los ingredientes y de las proporciones de carbohidratos, grasa, y proteínas presentes en los ingredientes. El agua y los minerales no forman parte de la fuente de energía. La energía grasa puede ser estimada con bastante precisión conociendo la composición de los alimentos.

La energía digestible es la más variable en los ingredientes del alimento. Es preferible describir los requerimientos de energía para el cerdo y el contenido de energía en el alimento, porque la energía digestible es fácilmente determinada y es el aditivo principal de los alimentos. La composición química de los ingredientes del alimento es el mayor determinante de energía digerible con efectos positivos de extracto etéreo y negativos de extractos de fibra y ceniza (Farrel, 1978).

La energía metabolizable es la energía digestible menos la energía grasa; los gases y la orina contienen la energía metabolizable perdida. La energía perdida en la producción de gases en el tracto digestivo del cerdo es usualmente entre 0.1 y 3.0 % de la energía digerible. Las cantidades son generalmente ignoradas porque son chicas y no fácilmente medidas. A veces se hacen correcciones en energía metabolizable en concentraciones de nitrógeno ganado o perdido por el cuerpo. La proteína de pobre calidad y el exceso de energía metabolizable disminuyen porque los aminoácidos que no son usados para la síntesis de proteína son catabolizados y usados como fuente de energía y el nitrógeno es excretado como urea.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales del cerdo, recomendados por el NRC (1988).

Requerimientos y niveles recomendados.	Pena viva del cerdo (kg)				
	1-5	5-10	10-20	20-50	50-100
Gainancia diaria de peso (g / día)	200	250	450	700	920
Consumo de alimento diario (g / día)	250	460	950	1,900	3,110
Eficiencia alimenticia (ganancia de peso/alimento consumido)	0.800	0.543	0.474	0.368	0.264
Conversión alimenticia (alimento consumido / ganancia de peso)	1.25	1.84	2.11	2.71	3.79
Consumo de energía digestible (kcal / día)	850	1,560	3,230	6,460	10,570
Consumo de energía metabolizable (kcal / día)	805	1,490	3,090	6,200	10,185
Concentración de energía (kcal EM / kg de alimento)	3,220	3,240	3,250	3,260	3,275
Proteína (%)	24	20	18	15	13
<b>Nutricate</b>					
Aminoácidos indispensables (%)					
Arginina	0.60	0.50	0.40	0.25	0.10
Arginina	0.36	0.31	0.25	0.22	0.18
Histamina	0.76	0.65	0.53	0.46	0.38
Isoleucina	1.00	0.85	0.70	0.60	0.50
Leucina	1.40	1.15	0.95	0.75	0.60
Lisina	0.68	0.58	0.48	0.41	0.34
Metionina + cistina	1.10	0.94	0.77	0.66	0.55
Fenilalanina + tirosina	0.80	0.68	0.56	0.48	0.40
Treonina	0.20	0.17	0.14	0.12	0.10
Triptofano	0.80	0.68	0.56	0.48	0.40
Valina					
Acido linoleico (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Minerales</b>					
Calcio (%)	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
Fósforo total (%)	0.70	0.65	0.60	0.50	0.40
Fósforo asimilable (%)	0.55	0.40	0.32	0.23	0.15
Sodio (%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloro (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Magnesio (%)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Potasio (%)	0.30	0.28	0.26	0.23	0.17
Yodo (mg)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Manganeso (mg)	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0
Selenio (mg)	0.30	0.30	0.25	0.15	0.10
Zinc (mg)	100.00	100.00	80.00	60.00	50.00
<b>Vitaminas</b>					
Vitamina A (UI)	2,200	2,200	1,750	1,300	1,300
Vitamina D (UI)	220	220	200	150	150
Vitamina E (UI)	16	16	11	11	11
Vitamina K (mg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Biotina (mg)	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05
Colina (mg)	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
Niacina asimilable (mg)	20.0	15.0	12.5	10.0	7.0
Acido pantoténico (mg)	12.0	10.0	9.0	8.0	7.0
Riboflavina (mg)	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
Tiamina (mg)	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
Vitamina B <sub>12</sub> (mg)	20.0	17.5	15.0	10.0	5.0

En el proceso de crecimiento, el 60% de la energía de la dieta eventualmente es desperdiciada y sólo el 40% sobrante es depositado en los tejidos corporales en un aumento de volumen del cuerpo. Las dietas energéticas requeridas por el cerdo dependen de tres factores: aumento de volumen del cuerpo, aumento de peso vivo y contenido de su composición; los requerimientos de energía se van modificando de acuerdo a la temperatura del medio ambiente (Hopkins y Chairman, 1997).

La energía y la proteína se encuentran fuertemente interrelacionadas en la nutrición de los cerdos. El total de la energía retenida se incrementa linealmente con el consumo de energía (Whittemore y Elsley, 1978).

Los niveles de energía y proteína suministrados en la dieta son dos de los componentes más costosos en la alimentación del cerdo. Es difícil proporcionar a los cerdos durante todo el tiempo una proporción óptima de energía-proteína, ya que la proporción óptima de energía-proteína cambia constantemente cuando el cerdo va creciendo y también es afectada por factores ambientales, como la temperatura. El potencial genético y el sexo de los cerdos pueden afectar también los requerimientos de energía y la proporción de proteínas que los cerdos requieren para la formación de tejidos (Maynard *et al.*, 1998; Rose y Fuller, 1994).

### **2.2.2. Requerimientos de proteína**

Generalmente la proteína se define como proteína cruda si nos referimos al alimento para cerdo, con un contenido de Nitrógeno de 26.25 %. Esta definición es basada en la suposición de que en promedio hay 16 g de nitrógeno por cada 100g de proteína. En realidad los aminoácidos son nutrientes esenciales, por lo tanto se

deben proporcionar las cantidades correctas y en concentraciones adecuadas en la dieta.

Existen alrededor de 20 aminoácidos que forman las proteínas, aunque no todos son componentes esenciales en la dieta. Los aminoácidos esenciales; son aquellos que no se pueden sintetizar en el organismo en la proporción que requiere un crecimiento normal, y los no esenciales ó dispensables no son parte obligatoria en la dieta. Estos aminoácidos se obtienen como productos finales de la hidrólisis de las proteínas; es decir, son los productos finales de la digestión y del catabolismo de las proteínas. Pocos aminoácidos no caben en la clasificación de esenciales y no esenciales por ejemplo la arginina es un caso especial pues el crecimiento se presenta en proporciones anormales aun en su ausencia. Esto significa que el organismo puede sintetizar el aminoácido, pero no con la velocidad necesaria para cubrir las necesidades del crecimiento.

Una de las deficiencias nutricionales más frecuentes en la producción animal es la deficiencia de proteína, o las dietas que contienen niveles adecuados de ésta pero, es de mala calidad con respecto al contenido de los aminoácidos esenciales (Maynard *et al*, 1998; Shimada, 2003).

Los signos principales de la deficiencia proteínica en los cerdos son su lento crecimiento y baja eficiencia alimenticia. Los beneficios de ver a los requerimientos de proteína dietética como patrón balanceado de aminoácidos es obvio, sin embargo, algunas precauciones necesitan ser ejercidas con respecto a los actuales valores escogidos para representar el balance ideal. Dado que los requerimientos para el mantenimiento y aumento de la proteína corporal son diferentes, la proteína ideal varía de acuerdo al nivel de proteína requerida para el desarrollo y su relación cambiante de mantenimiento (English *et al.*, 1992).

Las necesidades de aminoácidos dependen también de las concentraciones energéticas de la dieta y a su vez, cuando la concentración de energía en la ración aumenta, se acentúan las deficiencias de los aminoácidos limitantes y se requiere mayor cantidad de proteínas y aminoácidos para alcanzar su máximo crecimiento (Skiba *et al.*, 2002).

La calidad y cantidad de la proteína afecta el rendimiento productivo, la síntesis de los tejidos y calidad de la canal. Se ha comprobado que la deficiente utilización de la proteína en los cerdos tiene como efecto un lento crecimiento y una baja eficiencia alimenticia (English *et al.*, 1992).

### **2.2.3. Requerimientos de minerales**

Los minerales son sustancias inorgánicas que desempeñan funciones importantes en el organismo animal y son esenciales para el crecimiento, la reproducción y la lactación, como lo son las proteínas, las grasas, los hidratos de carbono y las vitaminas. Por lo tanto, no es raro que un cerdo alimentado con una ración deficiente en minerales llegue a morir, sí la deficiencia es lo suficientemente severa y no es corregida a tiempo. (Maynard *et al.*, 1998; Shimada, 2003; Whittemore y Elsley, 1978).

Hasta ahora se ha demostrado que hay trece minerales en el organismo que desempeñan funciones esenciales: calcio, cloro, cobre, yodo, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, selenio, sodio, azufre y zinc. Además, en el cerdo existen otros elementos minerales necesarios en la dieta (arsénico, boro, bromuro, fluoruro, molibdeno, níquel, silicio, estaño y vanadio). Por su parte el cromo es reconocido como no esencial. El cobalto es requerido en la síntesis de vitamina B12.

#### **2.2.4 Requerimientos de vitaminas**

Las vitaminas son componentes necesarios para el buen funcionamiento del organismo. Algunas vitaminas no son requeridas en la dieta porque son sintetizadas fácilmente desde otros alimentos constituyentes metabólicos junto con microorganismos en el tracto intestinal. Las necesidades de éstas son variables según la especie, la edad, la alimentación, la composición de las sustancias que integran las dietas, el fin zootécnico a que son destinados los animales, etc. Se considera a las vitaminas como agentes biocatalizadores, teniendo un papel importantísimo de oxidorreducción; intervienen en la formación de enzimas hidrolíticas. Como el caso de los minerales traza, las vitaminas se añaden a la ración de los cerdos en forma de un compuesto premezclado. Dentro de las vitaminas necesaria para el desarrollo del cerdo y adicionadas en forma de compuesto premezclado encontramos: vitamina A, D, E, K; solubles en grasa y las solubles en agua incluyen las vitaminas B (biotina, colina, folacina, ácido pantoténico, tiamina, riboflavina, B6, B12) y vitamina C (el ácido ascórbico) (Whittemore y Elsley, 1978). La adición o exceso leve de vitamina A y D demuestran efectos tóxicos en el cerdo.

#### **2.2.5. Requerimientos de agua**

El agua es esencial para la vida y la salud de los animales. La necesidad de agua de los animales domésticos varía en relación a muchos y muy complejas condiciones inherentes al clima y a la intensidad del metabolismo hídrico; desde este punto de vista podemos decir que las necesidades de agua están condicionadas por el tipo de producción.



El consumo de agua es también un factor importante para la producción; el requerimiento de agua ésta relacionado con la ingesta de alimento y con el peso corporal. Bajo condiciones normales los cerdos consumen de 4 a 10 litros de agua por 1 Kg de alimento o de 7 a 20 litros de agua por cada 45 Kg de peso corporal por día, aproximadamente.

La frecuencia con que bebe el cerdo depende de la sequedad y polvosidad del alimento y a la frecuencia y abundancia con que el animal pierde agua (Whittemore y Elsley, 1978).

Existe una necesidad mínima de agua sin la cual podrá afectarse adversamente el bienestar del cerdo. Este problema está relacionado con la tasa de la pérdida de vapor de agua desde los pulmones, la cantidad de leche secretada, la necesidad de líquido para limpiar la sangre de toxinas, el nivel de proteína que está siendo designada y el contenido de agua de las heces (Maynard *et al.*, 1998; Shimada, 2003).

El punto de partida obvio debe ser el establecimiento de los requerimientos del animal y su estimación en función del incremento en la generación del producto: la carne, que no es el cerdo. Por esto, el crecimiento magro debe entenderse como la unidad de proceso en la que se centre la producción (Cuarón, 2002).

### **2.3. Consumo voluntario**

El consumo voluntario es probablemente el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria, ya que todos los demás parámetros del comportamiento animal como es la ganancia de peso, la secreción de leche, la postura, el crecimiento de lana, etcétera, dependen en forma directa del factor en cuestión; en términos generales se busca que el animal consuma más, ya que en individuos sanos esto se traduce en mayor producción.

En forma complementaria, los cálculos de conversión y de eficiencia alimenticias, así como los costos de producción, expresan la relación de los parámetros mencionados con el consumo; es decir, se espera que los animales aumenten al máximo su producción con el mínimo alimento consumido, al menor costo posible. Visto en otra forma, el comportamiento animal es el resultado del consumo de alimento, y con ello de sus nutrimentos, concentración energética, digestibilidad y metabolismo.

En este momento vale la pena analizar la relación entre los componentes del binomio consumo voluntario y comportamiento productivo, para diferenciar cuál es la causa y cuál el efecto, pues mientras que por un lado puede considerarse que el consumo determina el comportamiento, también es correcto pensar que el comportamiento determina el consumo. De esa manera, si el consumo fuera el efecto, podría entonces estar limitado tanto por el potencial del animal para ingerir, como por las características mismas de la dieta; si por el contrario, el comportamiento fuera el efecto, sus limitantes serían entonces la capacidad productiva del animal y los aportes nutricionales del alimento (Shimada, 2003).

Aparentemente existe un mecanismo regulador del contenido energético corporal, en conjunción con un controlador del consumo, que en circunstancias normales mantienen un equilibrio entre el ingreso y el gasto energético. Cuando el sistema se rebasa, ocurren excesivas ganancias o pérdidas de energía, que a su vez provocan disturbios metabólicos o ineficiencia productiva.

Así, cuando el consumo es relativamente bajo, las necesidades de mantenimiento representan un gran porcentaje de lo ingerido, con la consecuente depresión o ineficiencia de la producción. Por el contrario, si el consumo es por encima de lo requerido, la tendencia es a acumular grasa corporal.

En los casos de alimentación forzada, el animal efectúa la regulación de su consumo como respuesta a diversos factores tanto externos (condiciones ambientales, características de la dieta) como internos (gastrointestinales, hormonales, metabólicos), por lo que es necesario el conocimiento detallado de los mecanismos que inciden en dicha regulación (English, 1992).

Los fenómenos que determinan el hambre, el apetito y la saciedad, es decir, el consumo voluntario, no son del todo conocidos, existen varias teorías al respecto. Los mecanismos más aceptados para explicar el control del consumo voluntario son de tipo multicausal y se pueden agrupar en tres categorías: alimenticios, fisiológicos y ambientales y de manejo, con áreas de traslape entre ellas. De hecho, es ilógico suponer que cualquiera de ellos puede actuar en forma totalmente aislada. Los mecanismos tienen que actuar de manera que la ingestión provoque cambios fisiológicos que envíen una señal al cerebro, para que el individuo deje de comer o continúe haciéndolo (Shimada, 2003).

La concentración energética del alimento tiene un efecto importante en el consumo voluntario independientemente del mecanismo biológico que regula su control.

Cuando la concentración de energía de la dieta se diluye o reduce, el animal aumenta su consumo de alimento, lo que ocasiona un ajuste automático que le permite mantener constante su ingestión energética. Por el contrario, cuando la dieta se modifica de tal manera que aumenta su contenido energético, el animal reduce su consumo con objeto de mantener su ingestión energética al nivel constante anterior.

A los animales a los que se obliga a ayunar durante varios días y luego se alimentan libremente, aumentan su consumo durante el lapso necesario para recuperar el peso perdido, después de lo cual vuelven a su patrón normal de consumo (Shimada, 2003).

Se reconoce que los sabores (dulce, salado, ácido, amargo) tienen un efecto importante, e incluso, hay diferencia entre especies animales en el intervalo de sabores aceptable. El aroma y la textura también son componentes del alimento que afectan la gustosidad. Los saborizantes u odorizantes, ya sean naturales o sintéticos, pueden provocar un aumento en el consumo voluntario a corto plazo; sin embargo, posteriormente la ingestión regresa a sus niveles previos. A la fecha no se conoce ninguna droga o aditivo que pueda alterar el consumo de una manera directa y sostenida. (Shimada, 2003).

En el caso de un alimento gustoso, de alta densidad física, es decir, poco voluminoso, y con una gran concentración de energía, la demanda de esta última se regula por el consumo. Por otra parte, en un alimento de igual gustosidad que el

anterior, pero voluminoso y de baja densidad energética, la capacidad del tubo digestivo es la que limita el consumo (English, 1992).

El contenido de agua puede influir en el consumo en dos formas: aumentando la ingestión al mejorar características organolépticas como la textura, o ejerciendo un efecto diluyente de la densidad física y energética (por aumento del volumen), lo que limita el consumo.

El consumo parece relacionarse con la rapidez con la fermentación y ésta con el procesamiento del alimento, el tamaño de las partículas, su composición química, y su digestibilidad, elementos que influyen en la velocidad de paso y por ende en la ingestión.

Los factores que se relacionan con el animal son de dos tipos: aquellos que tienen que ver con sus características físicas y los que se regulan por demandas energéticas. En el primer grupo se incluye especie, raza, sexo, potencial genético, estado fisiológico, peso corporal, fisonomía, condición corporal, edad, estado de salud, actividad de la rumia, tasa de consumo, entre otros. Muchos de ellos quedan comprendidos también en el segundo grupo, que abarca a aquellos que afectan las demandas energéticas a través del apetito.

### **2.3.3. Factores fisiológicos que afectan el consumo voluntario.**

A continuación se mencionan teorías con las principales explicaciones sobre los factores fisiológicos.

**Termostática.** Sugiere que los animales ajustan su consumo para mantener una temperatura corporal constante. En este caso el control ocurre a nivel del sistema nervioso central; aparentemente el efecto es en el centro de pérdida de calor situado en el hipotálamo anterior o el área preóptica, aunque también hay receptores cutáneos. Comer incrementa la producción de calor en tres formas: por la acción dinámica específica, por el aumento en la tasa metabólica en función del nivel de alimentación y por el incremento en la tasa metabólica en función de la masa corporal.

**Glucostática o quimiostática.** Es un mecanismo a corto plazo, regulado por un centro de la saciedad (en el lóbulo medio ventral del hipotálamo, cuya destrucción causa hiperfagia, aumento de peso y obesidad) y un centro del apetito (en el hipotálamo lateral, cuya destrucción origina afagia y adipsia). Aparentemente la glucosa inyectada por vía intravenosa no produce cambios en el consumo.

**Lipostática.** Es a largo plazo y se basa en la masa de tejido adiposo como medio de control, a través de sus metabolitos como son la hormona leptina, los ácidos grasos libres o el glicerol circulantes. Se sospecha que puede existir una comunicación entre los depósitos energéticos corporales de tejido adiposo y el órgano de control (hipotálamo), pero no existe evidencia al respecto. Dado que en el ayuno se observa un incremento del nivel de ácidos grasos libres en el plasma, se presume que estos compuestos tienen una función en el consumo voluntario, aunque no se ha podido comprobar.

**Aminostática.** Aunque se tiene la hipótesis de que los aminoácidos corporales controlan el consumo, al menos los aminoácidos libres y sus metabolitos no parecen tener ningún efecto directo en la ingestión.

**Receptores hepáticos.** El nivel de glucosa (o de ácido propiónico en el caso de ruminantes) que llega al hígado parece ser importante en el control del mecanismo de la saciedad.

**Hormonal.** Esta teoría se basa en la observación de que la presencia de algunas hormonas peptídicas, como la colecistoquinina y algunos opioides cerebrales, parecen tener relación con patrones de consumo-saciedad mediante mecanismos diferentes en receptores gástricos. Por otra parte, aparentemente existe un componente hepático portal de tipo hormonal, que se asocia con el comportamiento alimenticio a través de la concentración del glucógeno hepático.

**Tamaño y peso corporal.** En general, los animales de mayor peso corporal comen más alimento. Sin embargo, deben tomarse en cuenta las variaciones que ocurren respecto a la conformación y edad de los animales; por ejemplo, los más viejos tenderán a tener mayor circunferencia y profundidad, además de que tendrán más tejido adiposo en relación con el muscular.

**Edad.** Dentro de la misma especie, raza y sexo, los jóvenes consumen más en comparación con los adultos. En estos últimos, tanto los mecanismos neurales como los hormonales aseguran que el consumo de alimento iguale el gasto energético, de tal manera que cuando la oferta y calidad de alimento permanezcan estable, puedan mantener un peso corporal relativamente estable (Shimada, 2003).

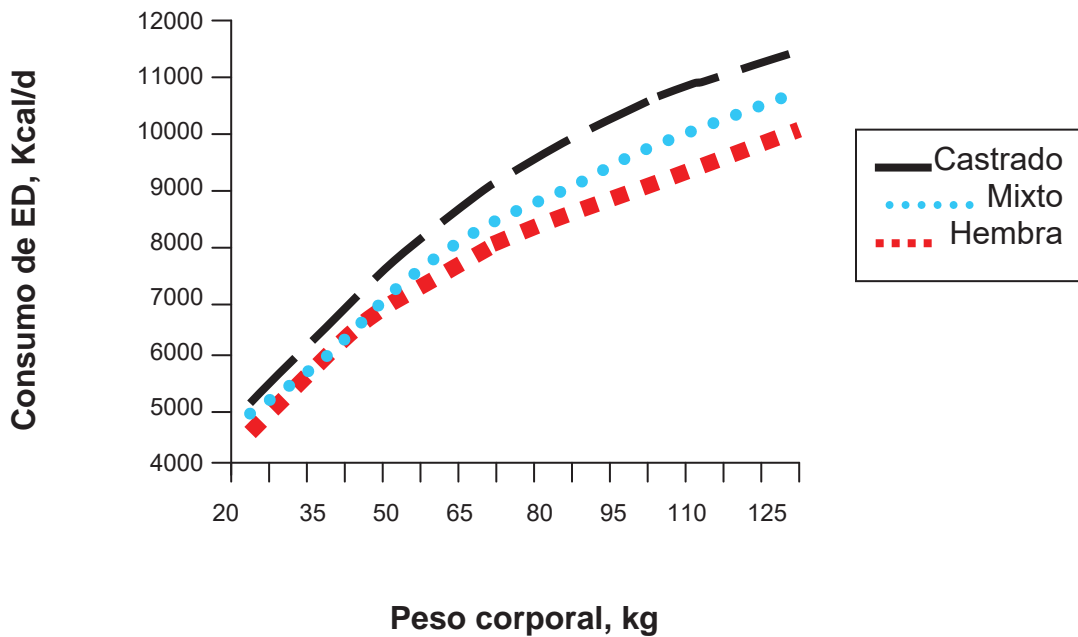
**Genotipo.** En los resultados de la evaluación de líneas terminales de NPPC en 1995, se encuentran consumos de alimento por día que van desde los 2.35 hasta los 2.65 kg/día, lo que pone de manifiesto la variabilidad que puede haber aun bajo condiciones similares de manejo y alimentación. Estos contrastes entre genotipos

pueden deberse a diferencias en la intensidad de la expresión de algunos genes, lo que a su vez se traduce en la presencia de diferentes intensidades en la cantidad de hormonas circulantes, tres hormonas que llaman la atención en este sentido son la leptina, citoquinas y somatotropina.

**Sexo y peso corporal.** El consumo de alimento es diferente entre sexos (figura 2) aunque en animales menores de 35 kg la diferencia entre géneros no es evidente. Queda claro entonces que los esteroides sexuales juegan un papel importante en la regulación del consumo de alimento, sin embargo el mecanismo exacto está aún por dilucidarse. El mayor consumo de alimento presentado por los machos castrados en comparación con las hembras, es responsable directo de su mayor deposición de grasa (Cisneros, 2000).

**Temperatura ambiental.** La zona de confort térmico o de termoneutralidad de los animales domésticos se encuentra entre 15 y 25°C. En general, el consumo disminuye a temperaturas grandes, y llega a suspenderse completamente a más de 40°C. Si la temperatura aumenta de manera continua, hay una reducción tal en el consumo que es imposible mantener un balance positivo de energía. Este efecto disminuye al incrementarse la pérdida de calor, por tanto, el aumento en el consumo es proporcional al incremento en la pérdida de calor. En el caso del frío (que puede ser de origen climático o por prácticas como la trasquila y el corte de pelo), la respuesta de los animales es aumentar el consumo.





Fuente: NRC, 1998.

(Charre, 2004)

Figura 2. Predicción del consumo de alimento de acuerdo a peso corporal en una población mixta

### 2.3.3. Factores ambientales y de manejo que afectan el consumo voluntario.

**Humedad relativa.** Aparentemente, cuando aumenta este factor, magnifica el efecto de la temperatura, es decir, en situaciones de temperaturas extremas (grandes o pequeñas), aumenta la incomodidad de los animales.

**Fotoperiodo.** Estudios en cámaras oscuras han demostrado que los bovinos son capaces de regular su consumo de acuerdo con sus necesidades, independientemente de la presencia de luz, o en tal caso, de la visión. En lugares muy calurosos se ha observado que los productores confinan a los animales durante el día, y los sacan a pastorear durante la noche, sin que la práctica parezca afectar el comportamiento considerablemente (Shimada, 2003).

**Altitud.** Aunque no se encontró evidencia concreta al respecto, observaciones empíricas sugieren que el metabolismo digestivo es más acelerado al nivel del mar (posiblemente por la mayor presión de oxígeno), con lo que puede pensarse que el consumo en esas condiciones es también mayor.

**Gasto energético** Es diferente en pastoreo que en corral, ya que los requerimientos aumentan conforme se incrementa la superficie que el animal tiene que caminar para cubrir sus necesidades. La topografía también tiene efecto, ya que a mayor pendiente, mayor gasto.

**Interacciones sociales y aprendizaje.** Como con otras actividades de animales con instintos gregarios, la alimentación constituye un evento social y se afecta por la presencia de otros individuos, tendiendo en general a aumentar. Experiencias previas pueden dictar los patrones de consumo (English, 1992).

**Trabajo.** Si es de corta duración el consumo decrece por un aumento en la concentración de ácido láctico en la sangre; por el contrario, si es de larga duración, el consumo aumenta para poder mantener un balance energético favorable.

**Frecuencia de alimentación.** Se recomienda que dentro de las limitaciones y costos que el proceso implica, se ofrezca alimento tantas veces como sea posible, ya que como se demostró desde el experimento representativo de Pávlov con perros, el simple hecho de dar de comer induce un aumento en el consumo.

**Complementación.** Los cambios propositivos o accidentales en la composición de la dieta o la complementación de la misma, pueden provocar a su vez variaciones en el consumo voluntario.

**Anabólicos, hormonales y otros promotores del crecimiento.** Pueden afectar los patrones de consumo, aumentándolo si provocan un incremento en las necesidades nutritivas de los animales.

**Estrés.** (Transporte, manejo), enfermedades infecciosas o parasitarias y problemas metabólicos (cetosis, acidosis, timpanismo). Todos traen consigo un decremento en el consumo voluntario. (Shimada, 2003)

## **2.4. Biología de crecimiento**

### **2.4.1. Crecimiento de los cerdos**

El crecimiento puede definirse o tener un significado muy simple como el aumento en el tamaño, sin embargo, es un proceso tan complicado que no se puede definir en forma tan simple y clara. Es mucho más que un aumento en tamaño. Esta concisa definición es excelente pues contiene conceptos muy amplios. Implica que, descontando la variación individual, existe una tasa de crecimiento característica

para cada una de las especies, así como un tamaño adulto y desarrollo también característicos. Se considera que la talla máxima y el desarrollo son hereditarios. La nutrición es un factor que determina si este máximo se puede alcanzar. Un régimen alimentario óptimo es aquel que permite al organismo obtener las mayores ventajas de su herencia. Sin embargo, de acuerdo con la definición, el máximo desarrollo que permiten las condiciones hereditarias no puede ser sobrepasado por la nutrición ni por ninguna otra causa en organismos normales (English *et al.*, 1992).

El crecimiento verdadero comprende un aumento en los tejidos estructurales como músculos, huesos y órganos. Pero se debe diferenciar del aumento de peso que es resultado de los depósitos de grasa en los tejidos de reserva. Por tanto, el crecimiento se caracteriza en primer lugar por el aumento de proteínas, minerales y agua.

Desde el punto de vista de la nutrición, se debe asociar también con la ingesta de grandes cantidades de nutrientes productores de energía para respaldar los procesos del crecimiento, por lo que también es necesario el suministro adecuado de vitaminas y otros nutrientes. Dentro de la estructura de cada célula existen cantidades mínimas de materiales grasos, pero esto no representa un requerimiento dietético específico, a excepción de los ácidos grasos en virtud de que la célula es capaz de sintetizar lípidos a partir de carbohidratos (Maynard *et al.*, 1998).

Los descubrimientos científicos recientes han aumentado nuestros conocimientos del proceso de crecimiento por señales coordinadas, utilizando una variedad de hormonas (English *et al.*, 1992).

En la figura 3 se muestra la curva de crecimiento del cerdo, esta tiene relación con el crecimiento de los diferentes tipos de tejidos del animal. En muchas especies, el tiempo que dura el crecimiento, por lo general, está muy relacionado con la duración de la vida. (Maynard *et al.*, 1998).

Los principales componentes químicos del músculo son las proteínas, aunque también se encuentran grasas, minerales y agua. Existen diferencias pequeñas en estos aspectos entre los músculos, pero las diferencias mayores son con respecto al grado de madurez, ya que los lechones tienen más agua en el músculo que los adultos. Como promedio durante el período de crecimiento casi 77% del músculo es agua, más o menos 19% proteína y cerca del 1% cenizas.

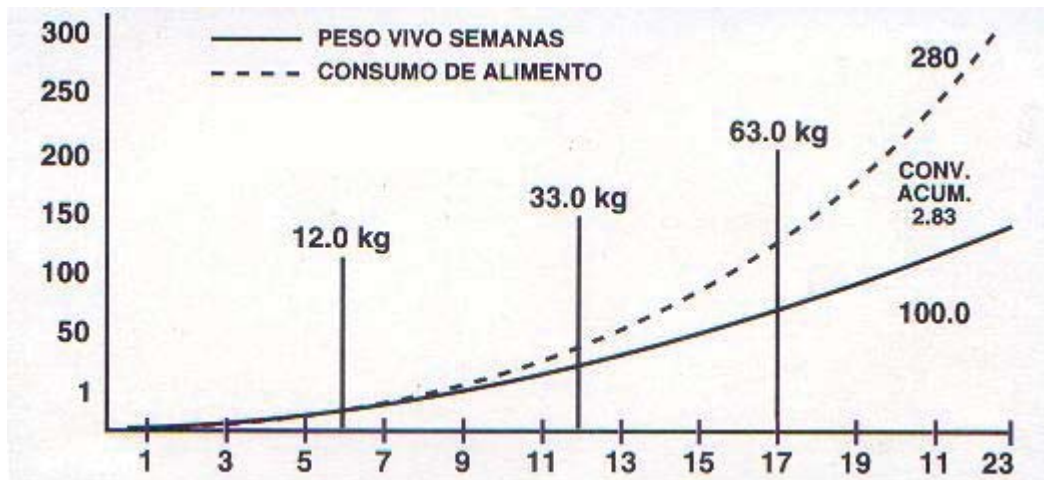


Figura 3. Los cerdos alcanzan la siguiente curva de crecimiento (casa productora de alimentos MaltaClyton)

El tejido adiposo es un almacén esencial en el animal que proporciona un amortiguador a las variaciones de la cantidad de nutrientes. Es el ultimo de madurar

de todos los tejidos, en el sentido de que puede seguir creciendo, mucho después de que los demás tejidos dejan de hacerlo (English *et al.*, 1992; Maynard *et al.*, 1998).

Aunque se sabe que demasiada cantidad de alimento puede producir animales con exceso de grasa, se debe de recordar que por cada día que el animal permanece en la granja debe consumir alimento para “mantenimiento”, requerimiento que debe llenarse antes de que los cerdos puedan aprovechar la comida para ganar peso (Figura 4).

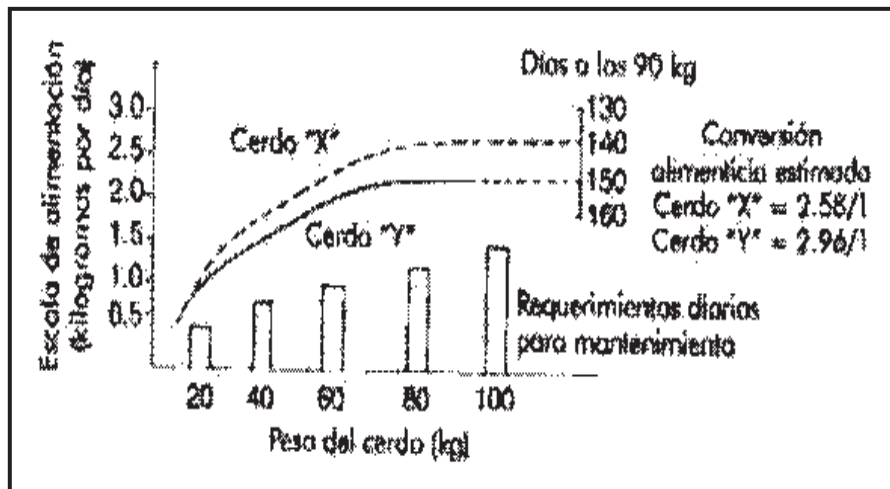


Figura 4. Alimento disponible para crecimiento (Brent, 2000).

En esta figura las diferencias entre las columnas (que representan los requerimientos para el mantenimiento corporal) y las curvas, muestran la cantidad de

alimento que queda disponible para el crecimiento. Entonces, aunque al cerdo “X” se le de mas alimento diario, vive trece días menos que el cerdo “Y” como todos estos ahorros ocurren tarde en la vida del animal, esto elimina las cantidades más grandes para mantenimiento que el cerdo hubiera utilizado, de modo que la diferencia de la eficiencia alimentaría favorece al cerdo “X” por 4:1. Puede ser que esta diferencia no sea fácilmente medible, pero es una ilustración real del tipo de problema mencionado (Brent, 2000).

#### **2.4.2. Nutrición en el crecimiento del cerdo**

La industria porcina debe continuar mejorando la eficiencia y la calidad de la producción de carne, con el fin de sostener una posición competitiva en el mercado global.

Una producción eficiente requiere de una genética que brinde varios aspectos como son:

- Un alto número de lechones destetados (24-28 lechones/hembra/año).
- Que puedan crecer rápida y eficientemente bajo condiciones de explotación comerciales, (0.82 o más kg/día).
- Los cerdos deben tener un alto porcentaje de carne magra de alta calidad.
- El sistema de producción debe manejar de manera adecuada las enfermedades subclínicas, ya que problemas en la salud son los primeros limitantes de la expresión del potencial genético para el crecimiento. (Maqueda, 2000).

La elección de la genética es muy importante; ésta sienta las bases del desempeño en el crecimiento del cerdo y la calidad de la carne. Sin embargo, un inadecuado manejo de las condiciones ambientales (salud, temperatura) y de la nutrición disminuye la expresión del potencial genético de los animales. El desarrollo de un programa de nutrición óptimo requiere del entendimiento de los parámetros comercialmente alcanzables, así como de la eficiencia en la ganancia de peso, el rendimiento de la canal, y el porcentaje de carne magra producido. Cada uno de estos parámetros se ve afectado por la nutrición (Mondragón 1973).

La capacidad biológica para el crecimiento está determinada por el genotipo, el sexo y el peso corporal. Sin embargo, el grado al cual estas características pueden ser expresadas depende de factores externos como estrés inmunológico, estrés térmico y nutrición. Los factores que más afectan la expresión del potencial genético son el calor y las enfermedades. Estos pueden ser devastadores para la ganancia diaria de peso, deben ser investigados antes de considerar que la nutrición es la culpable de un crecimiento limitado. Cuando se comparan niveles de nutrientes, la conversión alimenticia, es el factor más sensible a monitorear.

El balance que debe ser alcanzado entre los nutrientes ingeridos por el animal y el desempeño final que optimiza las ganancias, varía de acuerdo al sistema de pago. No existen atajos para encontrar el balance correcto. La mejor estimación de la relación Lisina: Energía debe ser seleccionada y posteriormente probada por medio de estudios en granja (Mondragón, 1973).

#### **2.4.3. Sistema de alimentación en cerdos**



El manejo de la alimentación es clave a la hora de definir el sistema de producción. Las cuestiones claves relacionadas con la alimentación son:

- ◆ A libre acceso.
- ◆ Restringido.
- ◆ Húmeda.
- ◆ Seca.

Solo se describirá la alimentación a libre acceso a continuación:

#### **2.4.3.1. Alimentación a libre acceso**

Este sistema denominado también como “Sistema de alimentación a libertad o de comedero libre”, consiste en proporcionar al animal todo el alimento que desee, lo que permite maximizar la ganancia de peso. En general los animales alimentados a libre acceso mejoran la calidad de la carne (aumenta la jugosidad, terneza, aceptación y disminuye la fuerza al corte). Por tanto si se suministra alimento a libre acceso se optimiza el crecimiento y la deposición de grasa y se mejora la calidad de la carne, pero se obtienen índices de conversión y canales mas gruesas (Medel y Fuentetaja, 2000).

El ritmo de crecimiento de los cerdos está muy relacionado con la ingestión de alimento, pero a su vez una alimentación a discreción está asociada a efectos adversos sobre la conversión alimenticia y la calidad de la canal.

La alimentación a libre acceso es un sistema muy conveniente durante el periodo de crecimiento e implica un bajo gasto de trabajo. En Estados Unidos de Norteamérica ha sido un sistema muy común para cerdos hasta la etapa de

sacrificio. En Gran Bretaña, el sistema se utiliza normalmente en la producción de cerdos hasta cerca de los 60 Kg de peso vivo.

Los cerdos para el mercado de tocino son sacrificados a los 90 Kg de peso vivo y el sistema tradicional para tales cerdos ha sido la alimentación a libre acceso hasta los 60 Kg de peso vivo seguida por la alimentación restringida hasta el sacrificio, en un intento de controlar el contenido final de grasa en la canal (English *et al.*, 1992).

Es importante que los comederos sean diseñados de manera eficaz para eliminar el desperdicio de alimento, o por lo menos reducirlo a un mínimo. Un comedero mal diseñado puede resultar en un desperdicio de hasta 15% de alimento y esto puede convertir una ganancia potencial en una pérdida excesiva.

Dentro de las ventajas de la alimentación a libre acceso están:

- a. Sistema más común.
- b. Ganancia de peso más alto.
- c. Los cerdos muestran una mayor tasa de crecimiento.
- d. El tiempo de engorda es más reducido.
- e. Los cerdos tienden a estar más tranquilos.
- f. Menor gasto económico por personal.

Las desventajas son:

- a. Se tiene un mayor desperdicio a causa del enmohecimiento del alimento, si el comedero no es vaciado frecuentemente.
- b. Más consumo de alimentos por cerdo.
- c. Los cerdos tienden a almacenar más grasa.
- d. Canales de menor calidad (Whittemore, 1978; English *et al*, 1992).

## 2.5. Parámetros productivos

En una explotación porcina el ciclo alimenticio se divide de acuerdo a la necesidad nutritiva del animal, lo cual permite agruparlos dentro de una granja. El crecimiento se divide en inicio (nacimiento a destete), recría (destete a 30 kg), crianza (30 a 60 kg), y engorda (60 kg hasta peso de venta) (Pomar *et al.*, 2004).

En este sentido, se ha encontrado que los parámetros de producción, como el consumo de alimento, las ganancias de peso y la conversión alimenticia varían de acuerdo a la etapa en que se encuentren los cerdos, como se muestra, por ejemplo, en los cuadros 2 - 8.

Cuadro 2. Consumo voluntario y parámetros productivos en diferentes etapas.

		Consumo	Ganancia	
--	--	---------	----------	--

*Comparación de cuatro alimentos balanceados en la productividad de los cerdos*

Peso	Etapas	(kg/día)	(kg/día)	Conversión
0-10	Iniciación	.3	.30	1.0
11-30	Recría	1.1	.45	2.4
31-60	Crianza	2.0	.65	2.4
61-100	Engorda	3.0	.75	4.0

(Pomar *et al.*, 2004).

Oliver (1977) buscó el efecto de engordar cerdos en corrales con ambos sexos y encontró que disminuía el consumo de alimento en un rango de 1.8 % cuando se engordaban los cerdos en corrales mixtos, comparándolos con datos de cerdos engordados por separación de sexos.

Cuadro 3. Estimación del consumo de alimento en cerdos en diferentes etapas de crecimiento.

<b>Crecimiento</b>				
De la semana 11 a la 16, de 28 a 60 kg Consumo por etapa: 78.737 kg				
Semana	Peso(kg)	Consumo por día (kg)	Consumo por semana (kg)	Acumulado (kg)
11	33.400	1.354	9.478	42.728
12	38.800	1.562	10.935	53.664
13	44.200	1.770	12.394	66.058
14	49.600	1.978	13.852	79.910
15	55.000	2.187	15.309	95.219
16	60.000	2.395	16.769	111988

Cuadro 3. Continuación....

<b>Finalización</b>
---------------------

De la semana 17 a 22, de 60 a 100 kg Consumo por etapa; 157.487 kg				
semana	peso	Consumo por día (kg)	Consumo por semana (kg)	Acumulado (kg)
17	66.660	2.708	2.708	2.708
18	73.200	3.124	3.124	3.124
19	79.800	3.541	3.541	3.541
20	86.400	3.958	3.958	3.958
21	93.000	4.374	4.374	4.374
22	100.00	4.791	4.791	4.791

(Kato, 1995)

Con alimentación restringida, machos enteros tienen mejores ganancias diarias que las hembras y castrados, y en forma contraria en cuanto a consumo de alimento, pero cuando se administró alimento a libre acceso, los castrados consumieron más alimento diario y obtuvieron mejores ganancias diarias en un 38 % más que con el sistema de alimentación restringida, mientras que los machos enteros y hembras aumentaron en solo 25 % (Walstra *et al.*, 1977, citados por Fuller, 1994).

Las ganancias de peso varían de acuerdo a la etapa de crecimiento en que se encuentran los cerdos (Cuadros 4 y 5). Este parámetro se ve influido por la edad, sexo, características nutritivas del alimento, la raza, el ambiente, etc. (Castro, 1999).

Los efectos del sexo, estación del año y raza en cerdos fueron tratados por Bruner y Swiger (1968) en el cual reportó que las hembras obtuvieron 790 g de

aumento diario y los machos castrados promediaron aumentos diarios de 870 g, encontrando diferencias altamente significativas.

Cuadro 4. Ganancia de peso por semana

<b>Edad semanas</b>	<b>Peso(kg)</b>
4	6.5
8	15
12	27
16	42
20	60
24	90

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso.

<b>Peso (Kg)</b>	<b>Ganancia Esperada</b>
1-5	0.20
5-10	0.25
10-20	0.45
20-50	0.70
50-110	0.82

En otro experimento con 312 machos castrados y 336 hembras que promediaban 48.4 Kg alimentados con dietas de harina de maíz, torta de soya que

contenían más de 10 % de proteína, se encontró en machos aumentos diarios de 749 g y las hembras 667 g, siendo esta diferencia altamente significativa. Meade, *et al.* (1972, citados por Meade, 1980).

La influencia de la secuencia del nivel de proteína y el sexo en la intensidad de aumento diario de cerdos en crecimiento, alimentándolos con dietas de maíz-soya, los mejores resultados se encontraron con 16% de proteína en la primera etapa y 14 % de proteína en la segunda (Tjong, *et al.* 1973).

Los machos castrados promediaron en la primera etapa 760 g y hembras 700 g de aumento diario, mientras que en la segunda etapa, los machos castrados alcanzaron 800 g y las hembras 690 g de aumento diario.

Bascunan *et al.* (1974, Citados por Meade, 1980) observaron el efecto del nivel de proteína dietética en el aumento diario promedio, en el cual se obtuvieron los mejores resultados con un 16 % de proteína en la primera etapa y un 12 % en la segunda. Los machos castrados obtuvieron un promedio de 731 g y las hembras 681 g de aumento diario en la primera etapa, mientras que en la segunda etapa, los machos castrados alcanzaron 776 g de aumento diario y las hembras 686 g.

Las normas alimentarias y tolerancias nutricionales son tablas que muestran las cantidades de alimentos y nutrientes específicos que se deben proveer a las diferentes especies para diferentes propósitos, tales como crecimiento, engorda, reproducción, o trabajo intenso. Sirven como guía en la alimentación de animales y

para estimar lo adecuado de la ingesta e ingredientes de los alimentos para grupos de animales o de gente. Para que sean útiles, estas tablas deben estar

acompañadas de otras que muestren la composición nutritiva específica de los animales disponibles (Maynard *et al.*, 1998).

Cuadro 6. Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento-finalización alimentados *ad libitum* (porcentaje o cantidad por kilogramo de dieta).

Peso vivo, kg	1 - 5	5 - 10	10-20	20-35	35-60	60-100
Ganancia diaria esperada, kg	200	300	500	600	700	800
Ganancia esperada, g/kg alimento	800	600	500	400	350	270
Eficiencia esperada, Kg/ganancia	1.25	1.67	2	2.5	2.86	3.75

Maynard *et al.*, 1998.

El primer objetivo de la alimentación deberá ser alcanzar las velocidades de crecimiento que se muestran, y luego ajustar el manejo y la alimentación adecuados para lograr los niveles deseados de grasa corporal (Cuadro 7).

Cuadro 7. Velocidad de crecimiento en cerdos de acuerdo a su edad.



Edad de los cerdos (semanas)	Velocidad de crecimiento sugerido (gramos/día)
3-6	380-420
6-10	460-500
10-14	460-680
14-18	740-850
18-22	900-1,000
22-26	870-900

(Brent, 2000)

La conversión alimenticia se define como los kg de alimento consumido requeridos para la producción de 1kg de carne y varían en un rango de 2.5 - 3.1 Kg de alimento por Kg de carne. Los días al mercado constituye la edad de los cerdos al momento de alcanzar 90–100kg de peso vivo, varían entre 165-190 días.

Es de vital importancia ésta característica ya que dentro de los costos de producción existe la amortización de los corrales de engorda, por lo que se debe

buscar un mejor manejo, con el fin de que los cerdos tengan rápido crecimiento y por lo tanto, en menor tiempo estén disponibles a la venta.

En el cuadro 8 se presentan algunos parámetros productivos determinados por la compañía Purina.

Universalmente se acepta al tejido magro como la masa corporal de músculo esquelético. Sin embargo, el tejido magro tiene diferentes concepciones.

Industrialmente, el tejido magro son los cortes primarios de la canal, como sea que se fabriquen en cada empresa, típicamente: pierna, lomo, cabeza de lomo, espaldilla y se excluye a la panceta o tocino. Al respecto, generalmente se hace referencia a los cortes deshuesados y siempre se deberá especificar la forma del corte y la cantidad de grasa superficial que se remueva.

En términos más académicos, el tejido magro es la disección del músculo esquelético (de los cortes primarios) para separar todo el tejido óseo, grasa y conectivo, pero permitirá cierta cantidad de grasa infiltrada en el músculo: en el pasado se aceptaba hasta el 10 % de grasa infiltrada, más recientemente sólo el 2 o el 5 %.

En Nutrición y Fisiología del crecimiento, la estimación del tejido magro exige que sea el músculo esquelético libre de grasa, porque la grasa superficial, o infiltrada, es una gran fuente de variación y porque finalmente la materia seca del músculo libre de grasa es proteína (Cuarón, 2002).

Cuadro 8. Comportamiento esperado del cerdo de acuerdo a la compañía productora de alimentos balanceados Purina.

*Comparación de cuatro alimentos balanceados en la productividad de los cerdos*

Edad en días	Edad en semanas	Peso en kilos	Ganancia diaria de peso	Incremento peso semanal	Consumo semanal kilos	Consumo acumulado kilos	Conversión semanal	Conversión acumulada
7	1	1.953						
14	2	3.885	0.276	1.93	0.140	0.140	0.07	0.072
21	3	5.933	0.293	2.05	0.250	0.390	0.12	0.098
28	4	7.980	0.292	2.05	1.050	1.440	0.51	0.239
35	5	10.269	0.327	2.29	2.490	3.930	1.09	0.473
42	6	12.842	0.368	2.57	2.870	6.800	1.12	0.624
49	7	15.624	0.397	2.78	3.710	10.510	1.33	0.769
56	8	18.743	0.446	3.12	5.010	15.520	1.61	0.924
63	9	22.250	0.501	3.51	6.000	21.520	1.71	1.060
70	10	26.240	0.570	3.99	7.000	28.520	1.75	1.174
77	11	30.597	0.622	4.36	8.160	36.680	1.87	1.281
84	12	35.312	0.674	4.72	9.660	46.340	2.05	1.389
91	13	40.184	0.696	4.87	11.340	57.680	2.33	1.509
98	14	45.255	0.724	5.07	13.090	70.770	2.58	1.634
105	15	50.516	0.752	5.26	15.050	85.820	2.86	1.767
112	16	55.965	0.778	5.45	16.770	102.590	3.08	1.899
119	17	61.646	0.812	5.68	18.450	121.040	3.25	2.028
126	18	67.536	0.841	5.89	19.540	140.580	3.32	2.144
133	19	73.553	0.860	6.02	20.350	160.930	3.38	2.248
140	20	79.695	0.877	6.14	20.940	181.870	3.41	2.339
147	21	85.922	0.890	6.23	21.490	203.360	3.45	2.422
154	22	92.211	0.898	6.29	22.190	225.550	3.53	2.499
161	23	98.574	0.909	6.36	22.900	248.450	3.60	2.571
168	24	105.945	1.053	7.37	26.719	275.169	3.62	2.646

**2.6. Formación del músculo o tejido magro en los cerdos**

Los músculos están formados por fibras musculares y estas a su vez están constituidas por las proteínas las cuales son compuestos orgánicos, es decir, sólo se encuentran en los animales y en los vegetales por ende los minerales no tienen proteínas. Siguiendo de manera sencilla pensemos por un momento en una palabra cualquiera, la cual está formada por letras y a esa palabra la vamos a llamar la proteína y a cada letra la llamaremos aminoácido, así tenemos que las palabras están formadas por letras igual que las proteínas lo están por aminoácidos y que hay muchos aminoácidos pero sólo unos 20 de ellos son esenciales, es decir, que deben estar siempre en las dietas y también diremos que según sea la secuencia de aminoácidos se formarán diferentes proteínas al igual que cuando se combinan las letras del abecedario se construyen diferentes palabras.

Ahora bien, las proteínas las encontramos en los diferentes tejidos del cuerpo del cerdo y cada una de esas proteínas tienen una secuencia precisa de aminoácidos. También tendremos en mente que el desarrollo de los tejidos se realiza en diferentes momentos partiendo del nacimiento hasta que el animal alcanza la madurez. Por ejemplo, los órganos internos como el hígado y el tracto gastrointestinal crecen más rápido cuando los cerditos son jóvenes y más lento en los cerdos adultos, por el contrario los órganos del aparato reproductivo se desarrollan rápidamente en la etapa de la madurez del animal. Debido a que cada tejido tiene una composición de aminoácidos diferente, entonces, los requerimientos de aminoácidos también difieren a medida que el animal desarrolla cada tejido.

El músculo se desarrolla rápidamente desde el nacimiento hasta el final del periodo de crecimiento y luego comienza a disminuir. Ahora el momento en el cual la

formación del músculo disminuye depende altamente de la capacidad genética de depositar tejido muscular. El número de células musculares presentes al momento de la madurez se define genéticamente en la concepción y el número esta totalmente completo para el momento del nacimiento del lechoncito. Entonces, las líneas o genotipos de animales magros o musculosos tienen un mayor número de células musculares al nacer y estas células luego aumentan de tamaño después del nacimiento sólo en respuesta de una adecuada nutrición. Las firmas genéticas han desarrollado muchas líneas mejoradas y cada una posee una velocidad de desarrollo muscular específica.

Actualmente, existe una amplia variación entre genotipos, pero los genotipos más magros tienen un incremento del tejido muscular hasta los 80 a 90 kg y luego comienza a disminuir, por el contrario en los cerdos menos musculosos su desarrollo muscular se detiene a los 60-70 kg. Así tenemos que los cerdos de genética mejorada que tienen mayor desarrollo muscular o magro tendrán un alto requerimiento de aminoácidos que aquellos genotipos con pobre capacidad genética de formar músculo y por ende serán progresivamente más gordos a medida que su peso llega a por encima de los 100 kg.

Como consecuencia de lo expuesto es posible que un lechón mejorado genéticamente para ser magro lo volvamos grasiento o gordo alimentándolo con dietas con bajos niveles de proteína, pero es imposible hacer que un cerdo genéticamente graso se convierta en un cerdo magro al alimentarlo con dietas ricas en proteína.

En resumen, no es posible sobrepasar o exceder la capacidad genética de producir músculo en un lechón mediante la nutrición pero si es posible limitar su potencial genético por medio de una nutrición deficiente.

En el crecimiento del cerdo podemos distinguir principalmente el crecimiento de músculo (tejido magro) y de grasa (tejido adiposo), con necesidades muy diversas para la deposición de cada uno de ellos, así por ejemplo, debido a su distinta composición, necesitaremos aproximadamente cuatro veces más energía para la deposición de grasa que para la de músculo (entre 11.000 y 11.500 Kcal de EM para la grasa y entre 2.500 y 3.000 Kcal de EM para el músculo), mientras que, por otra parte, la deposición de músculo exige el aporte de proteína y aminoácidos de manera equilibrada siendo estos innecesarios para la deposición de grasa.

Debido a que la energía necesaria para el crecimiento del músculo es menor que la necesaria para el crecimiento de la grasa, con el uso de las nuevas estirpes genéticas, cada vez con mayor potencial de crecimiento magro, se mejora indirectamente la eficacia alimenticia y se reduce el índice de conversión.

Con una alimentación bien equilibrada para cada una de las fases de crecimiento, los cerdos pueden desarrollar todo su potencial genético, es decir todo su potencial de crecimiento de tejido magro o músculo. Ahora bien, si la ración aportada no se ajusta a las distintas necesidades de proteína para realizar el correcto crecimiento de tejido magro en cada momento de su vida, toda la energía sobrante se utilizará para la deposición de grasa, con el resultado obvio de la obtención de un cerdo menospreciado por parte del consumidor (más graso) y, por otra parte, con unos índices de conversión más elevados y por lo tanto de mayor costo de producción (Guzmán, 2002).

### **2.6.1. Impacto de la nutrición en el crecimiento magro del cerdo**

**Metas de desempeño:** La velocidad de crecimiento (GDP) y la (CA) tienen el mayor impacto en las ganancias. La (CA) es afectada principalmente por el porcentaje de tejido magro en la canal (o por la relación grasa corporal: magros). (Fuentetaja, 2000).

**Principios del crecimiento:** Patrones de crecimiento magro. La tasa de crecimiento magro aumenta durante el crecimiento temprano y eventualmente llega a una meseta. El punto al cual esta meseta es alcanzada depende del genotipo y del sexo. En cerdos pequeños o no mejorados genéticamente, la deposición máxima de tejido magro puede ser alcanzada a pesos más bajos y/o declinar más pronto que en cerdos mejorados genéticamente. Una vez que la deposición máxima de tejido magro es alcanzada, ésta inevitablemente declina mientras que la deposición de grasa se mantiene constante o aumenta. La tasa a la cual la deposición de tejido magro declina depende de la línea genética (bajo condiciones termo/neutrales).

**Nutrición y crecimiento magro:** Concentraciones inadecuadas de nutrientes disminuyen la CA, GDP y el porcentaje de tejido magro en la canal. El impacto del consumo de nutrientes en el crecimiento magro se detalla a continuación.

**Dieta y crecimiento magro:** Los cerdos requieren de un suplemento adecuado de nutrientes para cubrir las demandas para mantenimiento y crecimiento de los tejidos. Los nutrientes clave para el crecimiento magro son energía, aminoácidos, fósforo y vitaminas del complejo B. La energía es el primer nutriente que limita el crecimiento (Maqueda, 2000).

### **2.6.2. Factores que influyen en el crecimiento del tejido magro**

Los principales factores que influyen en el crecimiento del tejido magro son los siguientes: Etapa de desarrollo, Sexo, Genotipo y Nutrición.

**Etapa de desarrollo.** Con una dieta y un programa de alimentación adecuadas la velocidad en que se forma carne magra, se incrementa conforme crece el cerdo y alcanza un máximo entre los 30 y 100 kg de peso vivo. Después de un máximo bastante plano, la velocidad de ganancia de tejido magro disminuye a cero cuando el animal alcanza la madurez. La tasa real de deposición de carne magra y la etapa exacta cuando se logra el máximo crecimiento es principalmente dependiente del sexo, el genotipo y la nutrición básicamente.

**Sexo.** Hay diferencias bien establecidas en el desarrollo del tejido magro entre el macho entero, el castrado y la primeriza. Con el mismo nivel de nutrientes, el macho entero tiene la velocidad de crecimiento de tejido magro más rápida; mientras que el castrado tiene la más lenta y la cerda primeriza con valor intermedio.

**Genotipo.** El objetivo en la selección genética en ganado porcino en las últimas décadas ha sido aumentar el porcentaje de magro de la canal, por las preferencias del consumidor de carnes magras y por la mejor eficacia productiva de los animales más magros. El sistema de clasificación de canales ha favorecido esta tendencia, por incentivar la producción de canales magras. De hecho, se ha producido un descenso en la grasa dorsal de 0,4-0,6 mm/año y un aumento en el porcentaje de magro de 0,6%/año en las canales porcinas en España de 1990 a 1997 (Gispert *et al.*, 1997). Este descenso de la grasa dorsal lleva implícito un descenso de la grasa intramuscular (Schower *et al.*, 1989; Bout *et al.*, 1989; Batallé *et al.*, 1995), la cual se



ha relacionado con cualidades organolépticas positivas en diversos estudios (Gispert *et al.*, 1997).

Como se han hecho avances en el mejoramiento genético en algunos genotipos (particularmente en relación a ganancia de peso vivo, eficiencia de conversión alimenticia y calidad de la canal), con pequeñas mejorías o sin ellas en otras líneas, no hay duda que ahora existen grandes diferencias genéticas entre líneas en relación al potencial de formar tejido magro. Campbeli y colaboradores en Australia compararon dos genotipos contrastantes durante un periodo de crecimiento de 45 a 90 kg de peso vivo.

**Nutrición.** Un objetivo aceptado en general para las estrategias dietética y alimenticia es que debe apoyar completamente el potencial de crecimiento del músculo de un cerdo. Este potencial cambia con el peso vivo y se ve afectado por el sexo y el genotipo y, por supuesto, varía entre cerdos del mismo genotipo y sexo.

50 a 90 kg peso vivo. En este rango de peso vivo, para el genotipo promedio, el potencial genético para el depósito de proteínas o de tejido magro se basa en los límites de su apetito. Por lo tanto, con una dieta proteínica adecuada con un rango de niveles de Energía Digestible, el consumo voluntario del cerdo le permite ingerir más que lo suficiente para soportar la velocidad máxima de depósito de proteína o carne magra. Siendo esto así, hay que decidir sobre el plano óptimo de alimentación para lograr los mejores resultados en términos económicos.

Al reducir el consumo alimenticio en este periodo del crecimiento se lograrán dos cosas. La primera, en malos genotipos previene que se desperdicie el exceso de alimento al no convertirlo en tejido adiposo.

La segunda, en mejores genotipos reduce la velocidad de depósito de grasa, con lo cual se produce una canal más magra. En este segundo caso, aunque la canal es más magra por tal restricción de alimento, tal vez no pueda estar relacionada con una buena eficiencia en la conversión alimenticia para tejido magro, como se podría lograr con un nivel más alto de consumo de alimento. Sin embargo, ya que a menudo se paga un sobreprecio por la carne magra cuando se relaciona a una grasa dorsal muy delgada, la restricción puede estar justificada aún con genotipos no mejorados y en particular con castrados.

De 50 a 90 kg. La diferencia en la velocidad de crecimiento de tejido magro entre los sexos, se ha demostrado ya, que es mucho mayor después de 50 kg de peso vivo. Porque, por ejemplo el verraco es capaz durante esta etapa, de depositar 20 % más de tejido magro que el castrado, con la primeriza en medio, es claro considerar el ajuste de las dietas en estas diferencias en tejido magro (English, 1992).

Finalización: También llamada engorda, comprende de los 60 a los 90-100 kg de peso; La alimentación balanceada consiste en 13 % de proteína y 3.2 Mcal EM/kg, y se proporciona a libertad o en forma restringida. En el caso de la alimentación a libertad, se espera un consumo diario de 3.3 kg y ganancias diarias de 800 g. Sin embargo, aunque se logra el peso de mercado más rápidamente, los animales tienden a depositar más grasa y a ser ineficientes sobre todo después de los 80 a 85 kg.

Para evitar dicho problema, puede optarse por alimentar a los cerdos de esta etapa en forma restringida, ya sea al agregar un ingrediente fibroso a razón de 100 a 150 kg por tonelada de alimento balanceado, o bien, al restringir la cantidad de

alimento que se da a 85-90 % del requerimiento normal. De seguirse alguna de estas prácticas se obtendrán animales con menos grasa dorsal y mejores conversiones, aunque la cantidad total de alimento que se consuma y el tiempo para alcanzar el peso de mercado serán mayores (English, 1992).

### **2.6.3. Estimación de la ganancia de tejido magro**

Las dietas que se deben ofrecer dependen de los requerimientos del animal y de su capacidad de consumo de alimento. Los ingredientes, su disponibilidad y costo o el valor del producto actúan solo como moduladores de la demanda y de la provisión para ubicarlos en un contexto económico.

Los requerimientos no son una función constante del consumo, son variables y dependen tanto de factores asociados al animal, como de efectos ambientales (climáticos, de salud o sociales). Pese a esta variación, existen constantes que facilitan la estimación de las demandas del animal. Por ejemplo, el contenido de  $\text{Ca}^{++}$  en el hueso tiene un rango de normalidad y el perfil de aminoácidos de una proteína siempre será el mismo, por lo tanto, la composición de aminoácidos de un tejido será el de la suma ponderada del perfil de aminoácidos de sus proteínas

Por supuesto, la demanda de proteína y aminoácidos del animal es la suma ponderada de los requerimientos particulares de cada uno de los tejidos, tanto que durante el crecimiento, la acumulación de músculo esquelético explica entre el 36 y el 46 % de la ganancia de peso; la demanda para la síntesis de magro, más el requerimiento de otros tejidos, es finalmente lo que define el requerimiento.

Para simplificar las cosas, al considerar el proceso de recambio (ciclo permanente de síntesis, degradación y resíntesis de proteína en el metabolismo) la masa de proteína muscular es la que más contribuye a explicar el requerimiento de un animal en crecimiento, porque, en comparación de otros tejidos, el músculo tiene una tasa metabólica relativamente lenta, mientras que su masa es relativamente grande. El problema es que las tasas de crecimiento magro no son constantes, varían factorialmente en función del genotipo, sexo y edad del animal.

Por lo anterior, cualquier recomendación de requerimientos nutricionales debe ser contemplada solo como una sugerencia o como un patrón de comparación. Por lo mismo, una recomendación de valor siempre hará referencia a la cantidad de tejido magro (libre de grasa) que sea depositado en la canal (Cuarón, 2002).

#### **2.6.4. Estimación del crecimiento magro**

La tasa de crecimiento magro es simplemente la diferencia, en kg de tejido magro, entre el punto de partida y el punto final, dividida esta entre los días del periodo observado. Convencionalmente hemos adoptado el período general de medición como aquel entre los 20 y los 120 kg, porque los cerdos de 20 kg (independientemente de la edad) ya tendrán un tubo digestivo maduro y porque los pesos al sacrificio (aún en los mercados que prefieren canales más ligeras) se aceptan o tienden a ser de 120 kg. Además, existen disponibles modelos de predicción de los requerimientos, a partir de la ganancia de tejido magro, que exigen se incluyan datos durante toda la engorda, incluso con puntos que rebasen la edad o peso promedio al mercado para hacer válidas las proyecciones. (NRC 1998).

En esencia, la determinación del tejido magro de una canal es sencilla, pero laboriosa: consiste en la disección de los tejidos y la completa separación de la grasa. Para estimar el tejido magro libre de grasa, lo más fácil es someter a una muestra representativa de los tejidos diseccionados a una determinación de grasa (y proteína) y por diferencia se obtiene el valor de la proteína depositada. Sin embargo, y en un sentido eminentemente práctico, se puede recurrir a la aplicación de métodos matemáticos de predicción. Existe en la literatura un buen número de ecuaciones que permiten aproximar con bastante certeza el peso de la masa de tejido magro.

Por ejemplo, para cerdos con un peso vivo menor a los 50 kg, se podría aplicar la ecuación de Brannaman *et al.* (1984):

Masa de tejido magro, kg =  $1.59 + (0.44 \times \text{Peso vivo, kg})$

Cerdos de 20 kg tendrían 10.39 kg de tejido magro ~ 67 % de la canal.

Para cerdos con 120 kg se podrían usar mediciones en la canal.

Dependiendo de las ecuaciones que se usaran, se requieren datos, cuando menos, del peso en canal (es necesario revisar como define el sistema de ecuaciones la canal: con cabeza o no, ¿incluye las patas, grasa interna, riñones, piel, canal caliente o refrigerada?) y la medición cuando menos de grasa dorsal (definiendo el punto de medición: sobre la línea media o en  $P_2 = a$  6.5 cm de la línea media; a la altura de la décima o última costillas, sobre la primera vértebra dorsal, etc.) y, en muchas, la profundidad del músculo largo dorsal o su superficie (con las mismas consideraciones que para la grasa dorsal). Son importantes las unidades (del sistema métrico decimal o del sistema inglés) y los aparatos de medición, porque finalmente existe un error instrumental y humano inherente al método.

Aplicando los métodos anteriores se obtendrá una deposición diaria de magro que será equivalente a la pendiente de una función lineal que incluye la suma de la respuesta durante toda la fase del crecimiento, la ventaja es que el procedimiento es bien sencillo y puede ser muy barato (aceptando el error, se podrían usar los informes de rendimiento magro que ya muchos mataderos y empacadoras emiten), pero el crecimiento es alométrico y se manifiesta curvilíneo. Por lo tanto hay un gran riesgo de sesgo, por las fuentes de error antes mencionadas y porque la estimación del requerimiento solo se supeditará a las diferencias medidas en el consumo (a las diferentes edades o pesos corporales), porque la ganancia de magro se supondrá constante.

En términos absolutos, el crecimiento magro es relativamente pequeño al principio de la engorda, pero se incrementa rápidamente (llegando al máximo entre los 40 y 75 kg de peso vivo) para luego disminuir (Schinckel *et al.*, 1996) con diferente intensidad; las divergencias descansan en la magnitud de las pendientes de las curvas de crecimiento. Por esto mismo, las diferencias en el crecimiento magro de diferentes líneas genéticas, sexos o condiciones de producción, son muy sutiles inicialmente, pero al final de la engorda la diversidad es enorme, porque las líneas de selección genética no han considerado el perfil de la curva de deposición de magro (que resulta ser aleatoria) y porque el ambiente (como lo hemos definido) y la dieta provocan importantes desviaciones.

Por lo tanto, no basta con saber cuál es la tasa general de crecimiento magro (su manifestación lineal), es importante conocer las desviaciones y entender sus causas para sacar ventaja de ello (Cuarón, 2002).

## **2.7. Calidad del producto**

El deseo de obtener cerdos con la menor cantidad posible de grasa, se debe en parte a la utilización de grasas vegetales para el consumo humano, así como a la propaganda contra las grasas animales, por sus posibles efectos patológicos sobre el aparato circulatorio. Por lo tanto las condiciones del mercado han empezado a exigir canales que produzcan mayores cantidades de carne magra, que es al final de cuentas la razón de la industria porcina.

La forma como se evalúa la grasa en la canal es a nivel de la décima costilla, a 6.5 cm de la línea media, ahí mismo se mide el área del músculo largo dorsal (ojo de la chuleta), la cuál es determinada después de hacer un corte transversal al músculo, se coloca el planímetro sobre la superficie del corte y se cuenta los cm<sup>2</sup> contenidos dentro del perímetro del músculo. (Cuthbertson y Pease 1968).

### **2.7.1. Calidad de la canal**

Los principales factores que se toman en cuenta para determinar la calidad de la canal, de acuerdo con el Comité Nacional de Ganado y Carne de los Estado Unidos (Anónimo, 1969; citado por Madrid, 1992), son:

1. Peso de Canal.
2. Longitud de la Canal.
3. Espesor de la Grasa Dorsal.
4. Área del Músculo Largo Dorsal.

Existen muchos factores que tienen efectos sobre la calidad de la canal y sobre todo de la carne tales como ayuno pre-sacrificio, carga-transporte (densidad) y descarga, espera en matadero y densidad en los corrales, aturdimiento, sangrado y escaldado de las canales, refrigeración, higiene y temperatura en el despiece y almacenamiento, que deberán ser considerados en el concepto global de producción (Medel y Fuentetaja, 2000).

La cantidad de grasa en el cuerpo es de preocupación primaria para determinar la calidad de la canal y es muy variable de un amplio rango de factores. Estos incluyen el contenido proteico de la dieta, la ración, el genotipo, el sexo, la temperatura ambiental y peso al sacrificio.

Un crecimiento más lento inducido por una mayor restricción alimenticia podría tener al cerdo mas tiempo en la granja, requiriendo así mas alimento para mantenimiento del cerdo al sacrificio con un peso vivo determinado (90 Kg., habrá depositado menos grasa y más carne), ya que la carne magra requiere considerablemente menos alimento que para el depósito de grasa, esta proporción carne: grasa ahorrara eficazmente más alimento y equilibrara casi exactamente el alimento adicional requerido para mantenimiento.

La importancia relativa de la producción y la calificación de canales tendrá por lo tanto, una influencia mayor sobre la selección por parte del productor sobre el nivel de consumo de alimento para sus animales, entre los 20 Kg. de peso y el sacrificio (English *et al*, 1992).



La longitud de la canal se mide de la parte anterior de la primera costilla, a la parte anterior del hueso pélvico (isquión). Esta medida tiene poca relación con el valor de la canal, excepto por el hecho de que entre cerdo del mismo peso, hay una tendencia de la grasa dorsal a disminuir cuando el largo aumenta.

El largo también queda como parte de certificación de estándares, porque esta relacionado a factores de producción como el tamaño de l a camada y la habilidad materna.

Mínimo para describir el tipo de cerdo de carne.

Largo	74 cm.
Grasa dorsal	4 cm.
Área del ojo de la chuleta	10 cm <sup>2</sup> .

(Mondragón, 1979; citado por Jiménez, 1990).

### **2.7.2. Comportamiento en la calidad de la canal**

Buscando el efecto del sexo, estación y raza sobre las características de la canal, Bruner y Swiger (1968) reportaron resultados favorables para las canales de las hembras en las características de grasa dorsal, largo de la canal, área del lomo, porcentaje de jamón, porcentaje de lonja y porcentaje de corte magro; encontrando en éstas características diferentes altamente significativas sobre los machos.

Se menciona (Anónimo, 1981) que los machos castrados tienden a una inferior calidad de la canal respecto a las cerdas, siendo ambos más grasos que los machos enteros, ya que en un trabajo citado reporta que los verracos promediaron 25 mm de grasa dorsal, las hembras 30 mm y los machos castrados 35 mm.

Los machos enteros ofrecen un mayor porcentaje de magro, un menor espesor de grasa dorsal y un menor contenido de la grasa intramuscular que los machos castrados, mostrando las hembras un comportamiento intermedio. Así, Weatherup (1998) obtuvo igual espesor de la grasa dorsal, porcentaje de magro y la grasa intramuscular para machos enteros y hembras, siendo el espesor de grasa dorsal y la grasa intramuscular mayor y el porcentaje de magro menor para los machos castrados, resultados que coinciden con los observados por Barton-Gade (1997), Edwards *et al.* (1992) y Cisneros *et al.* (2000). De media el aumento en espesor de grasa dorsal en los machos castrados respecto a las hembras se sitúa entre 1 y 3 cm. Estas diferencias se mantienen en la grasa intramuscular, pero la magnitud de la diferencia es inferior (Barton-Gade, 1997; Weatherup *et al.*, 1998).

Castell (1983) en un trabajo en el que estudió la calidad de la canal por sexo y por raza, encontró que en la raza Lacombe los verracos obtuvieron 75.9 % de rendimiento en canal, 76.3 % los castrados y 78.1 % las hembras, en cuanto a grasa dorsal promediaron 3.03 cm los verracos, 3.6 cm los castrados y 3.31 cm las hembras y por último, en área de solomillo los verracos obtuvieron 32 cm<sup>2</sup> de promedio, 28.4 cm<sup>2</sup> los castrados y 31.9 cm<sup>2</sup> las hembras. En la raza Yorkshire los verracos obtuvieron 78.24 % de rendimiento en canal, 78.9 % los castrados y 78.6 % las hembras, en cuanto a grasa dorsal promediaron 3.08 cm los verracos, 3.78 cm los castrados y 3.23 cm las hembras y por último, los verracos obtuvieron 35.6 cm<sup>2</sup> de área de solomillo, 31.8 cm<sup>2</sup> los castrados y las hembras 35.5 cm<sup>2</sup>.

En un experimento realizado con la cruce de razas Yorkshire x Landrace se evaluaron 9 canales de las cuales 5 fueron provenientes de hembras y 4 provenían

de machos. En el peso de la canal las hembras pesaron en promedio 75.6 kg y los machos 77.0 kg. En el área de ojo de la chuleta las hembras midieron 46.16 cm<sup>2</sup> y los machos 43.37 cm<sup>2</sup>. En la grasa dorsal las hembras tuvieron una medida de 2,35 cm y los machos midieron 2.88 cm (Chorne, 1993).

En general las líneas genéticas Duroc y sus cruzamientos presentan canales más grasas que las líneas blancas convencionales, y por consiguiente, menor porcentaje de magro. Este incremento en el engrasamiento depende del grado de selección de la línea Duroc (existen líneas mucho más grasas que otras), del porcentaje de Duroc del producto final, y de la línea que se tome como referencia. En general se puede decir que la inclusión de un 25% de Duroc incrementa el espesor de la grasa dorsal entre 1,8 y 2,2 cm (Edwards *et al.*, 1992; García-Macías *et al.*, 1996), aunque esta diferencia obviamente depende del peso de sacrificio, del sexo y de la genética de referencia (la diferencia en relación a cerdos Pietrain a 110 kg podría superar 3 cm. (Tibau, 1997).

Probablemente éste sea el parámetro más afectado por la inclusión de sangre Duroc. En general se puede decir que los cerdos Duroc ofrecen mayor calidad de la carne por un mayor contenido en la grasa intramuscular. Aunque existe una correlación positiva entre la grasa dorsal y la intramuscular, el contenido en ésta última parece estar muy afectado por la línea genética. Warriss *et al.* (1990) estudiaron esta relación en once razas y encontraron que los lomos con mayor contenido en la grasa intramuscular (> 2%) provenían de canales Duroc y Berkshire, y que éstas mostraron espesores de grasa dorsal de 14,7 y 18,7 mm, respectivamente. Esta mayor cantidad de grasa intramuscular puede deberse a que los músculos tienen mayor concentración de fibras oxidativas rojas, las cuales por su metabolismo oxidativo utilizan grasa para la obtención de energía (Wood y Cameron, 1994).

En un trabajo se evaluaron canales de cerdo con diferentes grupos genético, para determinar los siguientes parámetros: peso de la canal, grasa dorsal, área del ojo de la chuleta. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes; peso de la canal (81.53 kg), grasa dorsal (2.78 cm), área del ojo de la chuleta (51.39 cm<sup>2</sup>). (Vázquez del Mercado, 1997).

### **2.7.3. La calidad de la carne de cerdo**

La calidad de la carne describe todas las características que determinan su atractivo, incluyendo, no solo los factores tecnológicos como apariencia y calidad comestible, sino también muchos otros atributos que afectan la percepción que tienen los consumidores sobre todo tipo de alimento. Estos últimos se han vuelto muy complejos en años recientes y están relacionados con seguridad o sanidad alimentaria, manejo adecuado de los animales y estado de salud entre y otros. Las preocupaciones de los consumidores en estas áreas tienen un fuerte impacto sobre la popularidad de las carnes, como lo demuestran encuestas y estadísticas de consumo (Wood, 1999).

En los últimos 10 años el consumo de las llamadas carnes blancas (cerdo y ave) ha aumentado en el Reino Unido y en la Unión Europea, mientras que el de las carnes rojas ha disminuido. Esta disminución se debe, en parte, al escándalo de la enfermedad de las vacas locas (BSE) y a comentarios y publicaciones del efecto negativo sobre la salud humana. Por el contrario las carnes blancas han sido menos criticadas, su precio ha sido relativamente menor y se encuentran en mayores presentaciones que agradan a los consumidores (Wood, 1999).

#### **2.7.4. La percepción del consumidor con respecto a la carne de cerdo**

Diversos estudios señalan el beneficio de la carne de cerdo incorporada a la dieta como factor de prevención de distintas enfermedades. Los resultados contradicen la apreciación generalizada de los consumidores, que ven en esta carne un producto de baja calidad nutricional, poco saludable y susceptible de inducir patologías de tipo cardiovascular o a la obesidad. Entre las carnes de consumo, se ha ido asociando a las diferentes especies animales como productos de diversa calidad y niveles de salubridad. La de pollo suele ser vista como una carne tierna, fácilmente asimilable y absorbible, y con un excelente nivel nutricional. Si a esto unimos la gran aceptación que tiene entre los niños y su precio, se entiende que alcance altas cotas de consumo.

**La carne de rumiante**, dominada por el de vacuno, es considerada más difícil de digerir y menos compatible con el gusto infantil, aunque con unos niveles de calidad nutricional superiores. El consumo mayoritario se sitúa en la franja adulta.

**La carne de cerdo**, sin embargo, es considerada barata e insana, normalmente porque se asocia a una elevada cantidad de grasa. Por esta razón, se argumenta que es consumida más por su bajo precio y por el aporte de proteína que no por su nivel de calidad. La percepción negativa entre amplios sectores de consumidores ha llevado a asociar su consumo con la obesidad y el desarrollo de enfermedades de tipo cardiovascular.

El cúmulo de ideas preconcebidas, como ocurre con otras cosas, sé esta demostrando que es equivocado. Merece la pena revisar conceptos instalados en el imaginario popular y recolocar a cada uno de estos productos el lugar que le

corresponde, especialmente en lo que refiere a su relación con la dieta mediterránea. El valor nutricional de cada carne de cerdo aumenta notablemente cuando se alimenta al animal con productos de calidad.

**La grasa de cerdo.** La grasa de cerdo ha sido tradicionalmente considerada como un producto muy graso, dándosele por tanto, un lugar secundario dentro de la clasificación de la alimentación sana o saludable sin embargo, hoy en día sabemos que la calidad de su grasa y la cantidad y calidad de sus proteínas la hacen muy adecuada para el estándar deseable de una carne de calidad.

Como se ha comentado, el contenido considerado “más peligros” de este producto es la concentración de grasa no obstante, la grasa no puede entenderse solo desde la perspectiva de la cantidad total, sino desde la evaluación de la proporción de las diferentes fracciones que la componen, y en especial, de los diferentes ácidos grasos. Es decir, debemos diferenciar entre la concentración de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

De entre los distintos ácidos grasos, el consumo elevado de grasa saturada se ha relacionado con la elevación de las lipoproteínas sanguíneas LDL el llamado “colesterol malo”, mientras que el consumo de grasa insaturadas, especialmente las monoinsaturadas (oleico) se ha relacionado con su reducción.

La carne de cerdo posee una composición lipídica variable, que va a depender, sobre todo, de la composición de la dieta de los animales. Cuando esta se basa en una alimentación natural, como la del ibérico en dehesa que recibe una cantidad importante de bellotas, la concentración de oleico llega a superar el 50%, lo que lo

convierte en el más parecido a la composición del aceite de oliva de entre todos los alimentos de origen animal.

Por otra parte el colesterol una de las moléculas consideradas perjudiciales por los consumidores. Esta idea se ha visto favorecida por una publicidad agresiva relacionada con los alimentos sin colesterol. En ella se presentan más saludables a estos alimentos, lo que ha influido en las decisiones de la industria alimentaria, mediante el empleo preferente de grasas vegetales, no adquiriendo aquellos productos con elevado contenido en grasas de origen animal.

El contenido en colesterol de la carne de cerdo (69-72 mg por cada 100 g de carne) es no obstante muy similar al de la carne de pollo (69 mg/100g) y ligeramente superior al de la carne de ternera (59-65/100g)

**Proteínas y nutrientes.** En relación con las proteínas, la calidad que posee la carne de cerdo es muy considerable, ya que la digestibilidad es elevada y la proporción de aminoácidos es adecuada de acuerdo con las exigencias nutricionales de la dieta.

Al mismo tiempo, esta proteína aporta otros nutrientes, especialmente el hierro, que como otras carnes, es de tipo orgánico y ligado a hemoglobina y mioglobina. Actualmente sabemos que la existencia de este hierro estimula la absorción del hierro mineral, por lo que se considera uno de los elementos fundamentales para poder prevenir la presencia de anemias ferropénicas.

Por lo que respecta a los minerales, es destacable el aporte de zinc, fósforo, sodio y potasio. Estos nutrientes la hacen especialmente interesante por el equilibrio

electrolítico que posee, aunque es interesante destacar que no es necesario un aporte suplementario de sal, ya que en caso contrario se podría incrementar en exceso la ingesta de sodio.

**En cuanto a las vitaminas**, es especialmente interesante el aporte del grupo de las vitaminas C, a excepción del ácido fólico. Posee de 8 a 10 veces más de tiamina o vitamina B1 que el resto de las carnes y es una buena fuente de vitamina B12

**Consideraciones nutricionales.** Teniendo en cuenta todas estas características, la carne de cerdo es un producto recomendable en el entorno de una alimentación saludable y equilibrada. Dependiendo del tipo de pieza a consumir, se trata de un producto recomendable, incluso, en las dietas para prevenir problemas nutricionales como la obesidad, dislipemias, hipertensión y anemia.

En este sentido, no va ser lo mismo el consumo de piezas como el lomo, el solomillo o las chuletas magras, que la panceta u otras con una elevada concentración de grasa de reserva. La carne de cerdo es especialmente saludable si el corte consumido es magro y aún más si la alimentación del animal ha sido cuidada.

Como podemos ver, y al igual que los peligros de transmisión alimentaria, la apreciación de los aspectos nutritivos y de seguridad en los sectores primarios permite obtener productos de calidad, Si el cerdo es alimentado con grasas de calidad, incluyendo productos como las bellotas, se conseguirán unos derivados tan favorables como el que mas y podrán ayudar a combatir y prevenir muchas de las enfermedades de origen nutricional mas frecuentes en nuestra sociedad.



Un estudio publicado en 2005 sobre carne de cerdo y alimentación saludable, ha demostrado que cuando se incorpora en la dieta diaria carne de cerdo o derivados de su variante ibérico, el cual ha sido alimentado con bellotas, se consigue una reducción significativa de los niveles de colesterol sanguíneo (Rodríguez, 2005).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1.- Área de estudio**

El presente trabajo de investigación se realizó en el sector porcino de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicada en el Kilómetro 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, en el municipio de Tarímbaro, Michoacán; con las siguientes características fisiográficas: latitud norte: 19° 40' 0", latitud oeste: 102 ° 9' 30", altitud de 1,875 msnm, con una temperatura mínima: de 2.5°C, media de 14°C y máxima de 25.1°C; con vientos dominantes del NRE; con una precipitación pluvial media anual 609.0 mm; se presentan heladas importantes en el periodo comprendido entre los meses de diciembre a febrero (Observatorio Meteorológico de Morelia, Mich., 2003) (INEGI,2003).

##### **3.1.2.- Material biológico**

Se utilizaron 36 cerdos machos provenientes de las cruces entre las razas Yorkshire, Pietain y Landrace, con un peso inicial promedio de 30 Kg y una edad promedio de 60 días. Aunque en los distintos tratamientos estos valores variaron de acuerdo a la disponibilidad de animales destetados (Apéndice A).

### **3.1.3. Alimentos proporcionados**

.A).- Los alimentos probados fueron de tres de marcas comerciales Purina®, Malta-Cleyton® y Magnum®, y uno producido en la propia Facultad de Veterinaria al que denominamos la Posta.

Los alimentos Purina, Malta y Magnum son suplementos comerciales que se deben mezclar con sorgo para preparar la ración alimenticia, en tanto que el alimento Posta se adquirió ya como ración alimenticia. Las proporciones en que fueron mezclados los suplementos fueron las recomendadas por las casas comerciales y se presentan en las tablas respectivas en el capítulo 3.2.3.

### **3.1.4. Alojamiento**

Los alojamientos para el manejo de los animales fueron 4 corrales con bardas de tabique, techos de lámina galvanizada; presentan una superficie total de 24 m<sup>2</sup> (6 X 4 m); están equipados con, bebederos automáticos tipo chupón y comederos. Los alojamientos fueron adaptados para albergar 3 lotes de 3 animales cada uno.

## **3.2. Método**

### **3.2.1. Selección de los animales**

De una población de 150 animales nacidos en el mismo mes (Noviembre de 2003), se seleccionó al azar una muestra de 36 animales, eligiendo machos; los cuales fueron distribuidos en los espacios indicados (lote y tratamiento), todos los lotes quedaron distribuidos uniformemente en cuanto a edad y peso.

### **3.2.2. Tratamientos**

Se establecieron cuatro tratamientos, uno por cada fuente de alimento, y se formaron 12 lotes con 3 animales cada uno, teniendo, por lo tanto, tres lotes de tres animales por tratamiento.

### **3.2.2. Alimentación (Sistema de alimentación).**

Los diferentes alimentos se suministraron *ad libitum* del mismo modo en todos los tratamientos y lotes efectuándose los cambios de alimentos de acuerdo a las etapas fisiológicas de los animales.

- **Programa de alimentación con alimento Purina®**

EL alimento Purina® línea PT es un producto diseñados nutricionalmente para cubrir los requerimientos de las líneas porcinas genéticamente más exigentes con el objetivo principal de maximizar el desempeño de los animales en las condiciones particulares de nuestro país, permitiendo así un mejor desempeño y adecuada nutrición en cada una de las fases de producción (Cuadro 9).

Cuadro 9. Programa de alimentación purina® de los alimentos para cerdos

<b>Plan purina para cerdos de engorda</b>		
	<b>Porquina PT/sorgo molido</b>	<b>Porquina PT/sorgo molido</b>
	De los 30 Kg. a los 65 Kg. de peso	De los 65 Kg. a los 105 Kg. de peso
Proporciones de mezclado	Porquina PT 25% Sorgo molido 75%	Porquina PT 20% Sorgo molido 80%
Contenido nutricional estimado en la dieta		
Humedad% max	12	12
Proteína% min.	38	38
Fibra cruda% max	8	8
Calcio% min.	2.8	2.8
Cenizas% max	18	18
Grasa% min.	2	2
ELN% P/DIF	22	22
Fósforo% min.	1.5	1.5

- **Programa de alimentación con alimento Malta®**

El programa Malta para cerdos, esta diseñado para programas de alimentación cuyo desarrollo constante y afán de mejorar los sistemas de explotación demandan la inclusión de los más recientes adelantos nutricionales y promotores de salud y crecimiento. Tal estrategia, permite la satisfacción de un mercado cada vez mas sofisticado en cuanto a sus exigencias de carne magra y de cortes de calidad (Cuadro 10).

Cuadro 10. Programa de alimentación Malta® para cerdos

<b>Plan malta para cerdos de engorda</b>		
	<b>Crecimiento</b>	<b>Finalizador</b>
	De 25 a 45 kg	De 45 al mercado
Proporciones de mezclado	Concentrado 25% Sorgo molido 75%	Concentrado 17% Sorgo molido 83%
Contenido nutricional estimado en la dieta		
Humedad% max	12	12
Cenizas% max	7	7
Fibra cruda% max	5	5
Proteína% min.	16	14
Grasa% min.	2.5	2.5
ELN% P/DIF	53.5	59
Ca	.8	.8
P	.60	.56
Lis	.9	.8
Met+clS	.55	.53

- **Programa de alimentación con alimento posta.**

El alimento balanceado elaborado en el taller de alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia es un producto diseñado nutricionalmente para cubrir los requerimientos de programas de alimentación cuyo afán es mejorar los sistemas de explotación que demandan adelantos nutricionales para maximizar el

desempeño de los animales y así lograr un mejor desempeño y adecuada nutrición en cada una de las fases de producción (Cuadro 11).

Cuadro11. Programa de alimentación la posta de alimentos para cerdos

<b>Plan alimento de la posta para cerdos de engorda</b>		
	<b>Crecimiento</b>	<b>Finalizador</b>
	De los 20 Kg. a los 50 Kg. de peso	De los 50 Kg. a los 100 Kg. de peso
Ingredientes		
Maiz %	75.76	81.74
Soya %	20.94	14.58
Fosfato dicalcio	0.54	0.41
Carbonato de Calcio%	2.01	2.62
Sal	0.4	0.4
Vitaminas y Minerales	0.25	0.25
Contenido nutricional estimado en la dieta		
P .C %	15.5	13.2
E.M (Mcal./kg)	3,265	3,265
Ca %	0.88	1.14
P %	0.45	0.4
Lisina%	0.79	0.64
Met + Cistina	0.55	0.49
Triptofano	0.17	0.14
Treonina	0.58	-
Leucina	1.47	0.54

- **Programa de alimentación con alimento Magnum®**

Es un alimento formulado científicamente y en base a experiencia con cantidades adecuadas de aminoácidos, proteína, energía, vitaminas y minerales para llevar a cabo una eficiente engorda, aprovechando al máximo la capacidad genética de sus cerdos (Cuadro 12).

Cuadro12. Programa de alimentación Magnum® para cerdos

<b>Programa mágnum de alimentos para cerdos</b>			
	<b>MÁGNUM CC-103</b>	<b>MÁGNUM CC-104*</b>	<b>MÁGNUM CC-105</b>
	Concentrado iniciador medicado, de 26-50 Kg. de peso vivo	Concentrado crecimiento de los 51-80 Kg. de peso vivo	Concentrado finalizador de los 81-110 Kg. de peso vivo
Contenido nutricional estimado en la dieta			
Proteína% min	40	40	38
Grasa% min	10	3	3
Fibra cruda% max	4	4.5	4.5
Ext. No Nitro% min	22	25.5	25.5
Cenizas% max	14	15	15
Humedad% max	12	12	12



La medición de las variables en la fase experimental fue en 2 etapas: 1ª Etapa de iniciación de 30 a 60 Kgs de P. V. y la 2ª etapa de crecimiento-finalización de 60 a 100 Kgs de P. V, por lo que este alimento se ajustó a dichas etapas.

Se realizaron los análisis bromatológicos correspondientes de cada uno de los alimentos utilizados en cada tratamiento en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en el Laboratorio de Nutrición y Análisis de Alimento (LANNA) (Apéndice B).

### **3.2.3. Sacrificio de los animales**

Los cerdos se sacrificaron, con un peso vivo de 100 kg, en el taller de productos cárnicos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (U. M. S. N. H), los cuales fueron dietados durante 16 horas previas al sacrificio. La muerte se realizó mediante electro insensibilización dentro de una trampa para insensibilización, con una superficie de material aislante para evitar la electrificación de piso; los electrodos se colocaron en ambos lados de la cabeza en el vértice de un ángulo recto formado por una línea vertical que parte de la base de la oreja a una línea horizontal que sale del borde superior del hocico). La intensidad de la corriente eléctrica fue 400 V y 4 amp para animales de 90 a 130 kg, durante la electrocución se presentaron tres fases: la primera apareció cuando se aplica la corriente durante la cual el animal flexiona los miembros posteriores y cae al suelo; en la segunda, los miembros posteriores se extendieron y el animal hace movimientos de locomoción; en la tercera se presentaron contracciones espasmódicas de los miembros posteriores y se procedió al sangrado. A continuación se introdujo al escaldado y por último fueron eviscerados para cortar la canal en dos partes iguales por el centro de la columna vertebral a todo lo largo de la misma.

### **3.2.5. Medición de las variables**

A).- Comportamiento productivo:

Para la medición de las variables del comportamiento productivo los cerdos y el consumo de alimento fueron registrados semanalmente durante 15 periodos, identificando las siguientes variables a analizar:

- A) Conversión alimenticia (CA)
- B) Ganancia diaria de peso (GDP)
- C) Consumo de alimento por etapa
- D) Calidad de la canal

La conversión alimenticia fue medida como la cantidad de alimento necesaria para producir un Kg de peso vivo, y se obtuvo dividiendo la cantidad de alimento consumido entre la ganancia de peso durante un periodo.

La ganancia diaria de peso se estimó dividiendo la ganancia total en un período entre los días que necesitaron los animales para completar dicho periodo.

El consumo de alimento por etapa se obtuvo sumando los consumos semanales durante el periodo en cuestión.

La calidad de la canal se evaluó de la siguiente manera: Una vez que se cortó la canal en dos partes iguales (por el centro de la columna vertebral) se refrigeró

durante 24 h, posteriormente con la canal fría y colgada se realizó la medición de la grasa dorsal y el área del músculo largo dorsal (ojo de la chuleta) de acuerdo al sistema descrito por Cuthbertson y Pease (1968).

- Grasa dorsal

Para medir la cantidad de grasa dorsal la lectura fue tomada a 6.5 cm de la línea media de la espalda, al nivel de la décima costilla utilizando un vernier.

- Diámetro del ojo de la chuleta

Para determinar el diámetro del ojo de la chuleta, se realizó un corte transversal en la línea media de la espalda, a nivel de la décima costilla, en el músculo largo dorsal utilizando el arco con segueta, colocando en el área de corte el planímetro y se contaron los cuadros contenidos dentro del perímetro del músculo (cada cuadro equivale a 1 cm<sup>2</sup>) según lo descrito por Cuthbertson y Pease, 1968.

### **3.2.6. Análisis Estadístico**

Los datos de las variables peso inicial, peso final, ganancia de peso y de las características de la canal (grasa dorsal y ojo de la chuleta) se analizaron individualmente, en tanto que el consumo de alimento y la conversión alimenticia fue analizado por lote. Es decir, para las variables individuales se tuvieron 9 repeticiones por tratamiento y para las variables por lote se tuvieron tres repeticiones por tratamiento. Los datos se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza y la comparación de medias se llevó a cabo utilizando la prueba de las diferencias mínimas significativas, para el modelo general lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

en donde:

$Y_{ij}$  = Valor de características analizadas.

$\mu$  = efecto común a todas las observaciones.

$T_i$  = lesimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = efecto aleatorio asociado a cada observación.

Las variables fueron analizadas en dos periodos, de los 30 a los 60 y de los 60 a los 100 Kg de peso y los resultados que se obtuvieron en cuanto a las variables analizadas se presentan en forma de cuadros indicando los promedios y desviaciones estándar y la significancia de las diferencias entre los diferentes tipos de alimento. Finalmente, se obtuvieron costos de alimentación multiplicando la cantidad de alimento consumido por el precio de una unidad (Kg) de alimento. Finalmente se obtuvieron costos de alimentación multiplicando la cantidad de alimento consumido por el precio de una unidad (kg).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Periodo Inicial (de 30 a 60 Kg de peso)

En el cuadro 13 se presentan los promedios y desviaciones estándar de las variables analizadas en el primer periodo en estudio, así como la edad y el peso con el que los animales entraron al experimento. Aunque se procuró que todos los animales fueran recién destetados y tuvieran una edad y un peso uniforme al inicio del experimento, por requerimientos propios del manejo de la granja esto no fue posible.

Cuadro 13. Promedios y desviaciones estándar de las variables analizadas en la etapa de crecimiento (30-60 kg) de los cerdos alimentados con cuatro alimentos comerciales.

Alimento	edad inicial	peso inicial	edad a los 60Kg	Días de alimentación
Purina	59.8 ± 3.4 <sup>a</sup>	25.4 ± 2.1 <sup>a</sup>	104.6 ± 3.5 <sup>a</sup>	44.8 ± 4.2 <sup>a</sup>
Malta	64.7 ± 2.6 <sup>a</sup>	26.7 ± 2.6 <sup>a</sup>	109.9 ± 6.7 <sup>a</sup>	45.2 ± 5.8 <sup>a</sup>
Posta	74.9 ± 2.2 <sup>b</sup>	34.8 ± 2.9 <sup>b</sup>	111.4 ± 4.2 <sup>a</sup>	36.6 ± 5.5 <sup>b</sup>
Mágnum	67.7 ± 7.1 <sup>ab</sup>	31.8 ± 2.2 <sup>b</sup>	107.2 ± 4.7 <sup>a</sup>	39.6 ± 6.2 <sup>b</sup>
General	66.7 ± 6.9	29.7 ± 4.5	108.3 ± 5.4	41.5 ± 6.4
Alimento	Consumo de alimento	Ganancia de peso	Ganancia diaria de peso	Conversión alimenticia
Purina	96.9 ± 7.8 <sup>a</sup>	35.4 ± 2.9 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.74 ± 0.09 <sup>a</sup>
Malta	95.8 ± 6.1 <sup>a</sup>	34.8 ± 2.5 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.75 ± 0.10 <sup>a</sup>
Posta	71.6 ± 4.9 <sup>b</sup>	24.9 ± 2.2 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.88 ± 0.15 <sup>b</sup>
Mágnum	82.1 ± 8.2 <sup>a</sup>	27.6 ± 3.2 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.99 ± 0.09 <sup>b</sup>
General	86.6 ± 12.5	30.7 ± 5.3	0.74 ± 0.07	2.85 ± 0.15

<sup>a,b,c</sup> literales diferentes dentro de columna son significativamente diferentes (P < 0.05).

En promedio, los animales iniciaron el experimento con una edad de  $66.7 \pm 6.9$  días y un peso promedio de  $29.7 \pm 4.5$  Kg. Al inicio del experimento los cerdos asignados al alimento Posta y Mágnum fueron los de mayor edad y los de mayor peso (Figura 5).

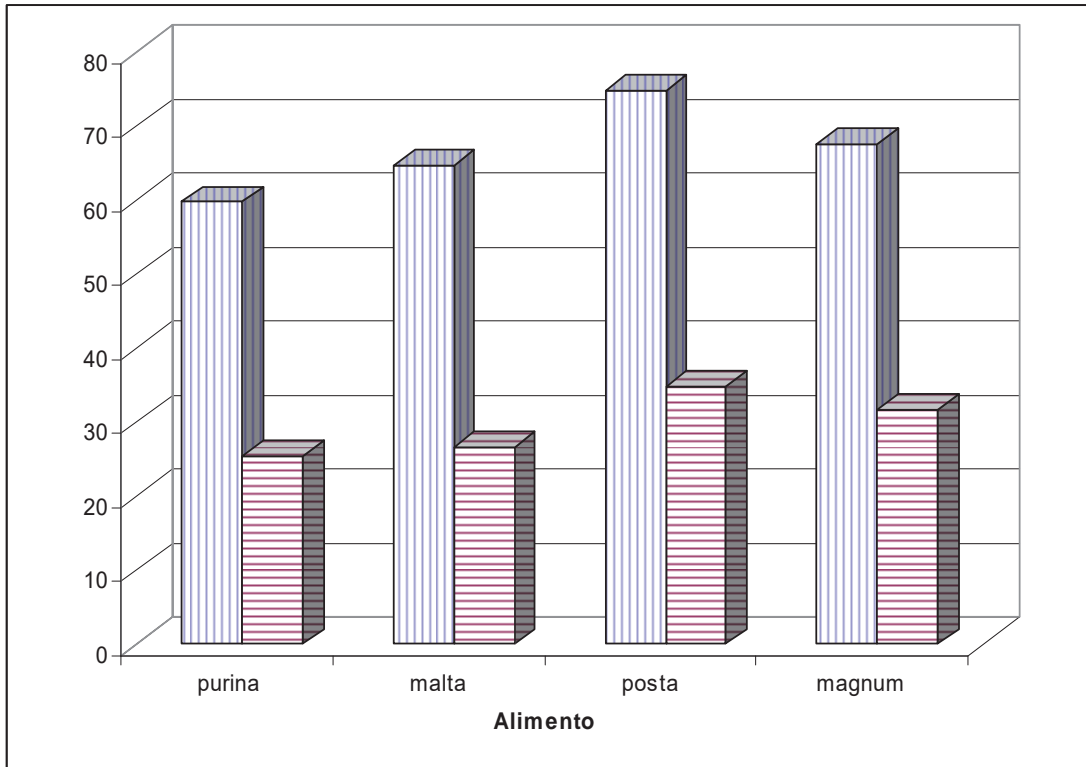




Figura 5. Distribución de pesos  y edades  de los cerdos al inicio del experimento, de acuerdo al tipo de alimento suministrado

Los cerdos alcanzaron los 60 Kg de peso a una edad similar ( $108.3 \pm 5.4$ ), independientemente del alimento suministrado ( $P > 0.05$ ), sin embargo, los que recibieron los alimentos Posta y Mágnum requirieron menos días que los de Purina o Malta para lograr los 60 Kg de peso; no obstante, esto puede no ser un efecto del alimento en sí, sino más bien se debe a que los cerdos alimentados con La Posta o Mágnum tenían un peso y una edad inicial mayor que los otros.

Los días necesarios para alcanzar los 60 Kg de peso ( $41.5 \pm 6.4$ ), el consumo de alimento ( $86.6 \pm 12.5$ ) y la ganancia de peso ( $30.7 \pm 5.3$ ) fueron superiores en los animales alimentados con Purina y Malta, comparados con Posta y Mágnum ( $P < 0.05$ ). Pero, esta situación no refleja un efecto del alimento, sino más bien se debe a que los animales alimentados con los dos primeros alimentos presentaron una edad y un peso menor al inicio del experimento, lo que lógicamente se ve reflejado en estos parámetros.

La ganancia de peso por día y la conversión alimenticia fueron mejores en los animales alimentados con Purina y Malta, comparados con los alimentados con Posta y Mágnum (Figura 6).

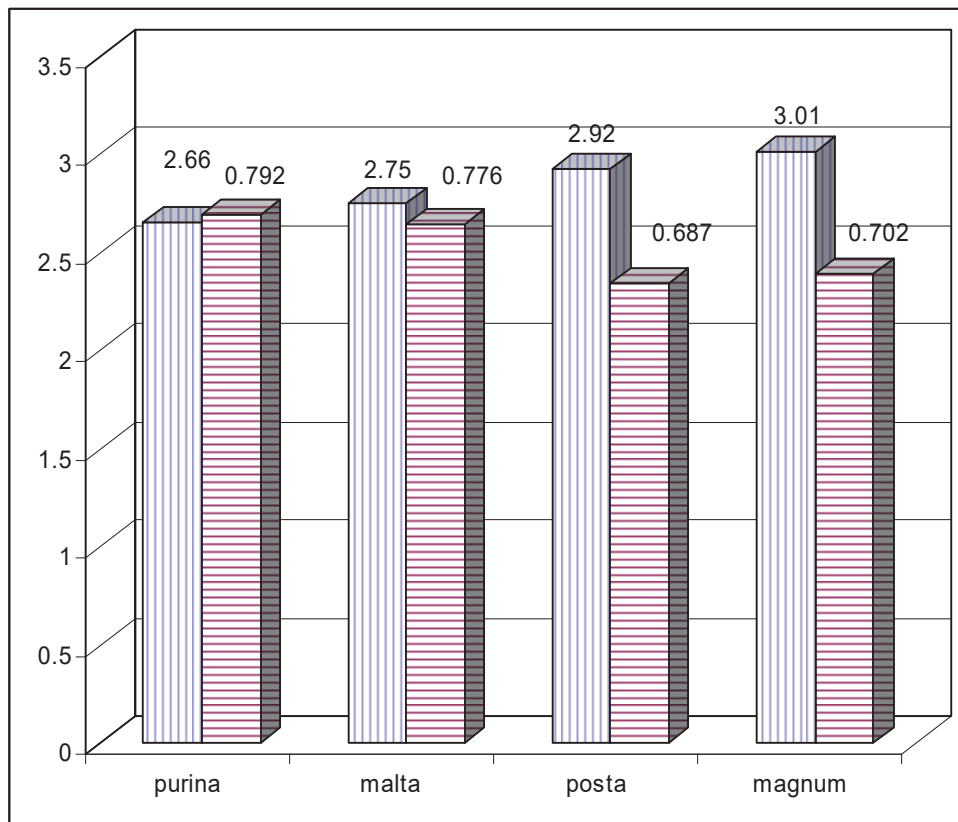




Figura 6. Distribución de ganancia diaria de peso  y conversión alimenticia  de los cerdos al inicio del experimento, de acuerdo al tipo de alimento suministrado.

El consumo de alimento en promedio ( $86.6 \pm 12.5$ ) concuerda con lo reportado por Castro (1999) de 99.4 kg, NRC (1988) de 93.1 kg, Elizondo (1988) de 88.58 Kg, Pomar *et al.* (2004) con 84 kg y la compañía productora de alimento Magnum con 82.77; aunque es ligeramente menor al sugerido por Shimada (2003) de 100.8 kg, la compañía Purina con 121 kg, y Kato (1995) de 111.9 Kg. Sin embargo, esta diferencia puede ser debida a los diferentes pesos y edades iniciales del presente experimento.

Las ganancias diarias de peso se encuentran dentro de los estándares manejados por Castro (1999), NRC (1988), Brent (2000), Maynard (1998), Pomar *et al.* (2004) y Elizondo (1988) que reportan valores entre 600 y 760 g/día. Aunque son ligeramente menores a las sugeridas por la compañía Purina, que es de 810g/día.

Las diferencias entre los alimentos Purina y Malta, comparados con Posta y Magnum probablemente sí reflejan una superioridad de los dos primeros alimentos sobre los segundos. Es decir, Purina y Malta inducen una mayor ganancia de peso, de cerca de 800 g/día y presentan una mejor conversión alimenticia, de casi 2.75 Kg de alimento por Kg de peso corporal, contra 700 g/día y 2.9 Kg de alimento por Kg de peso corporal de Posta y Magnum.

De igual manera, en cuanto a conversión alimenticia los alimentos Purina y Malta presentaron valores similares ( $P > 0.05$ ) de aproximadamente 2.75Kg de alimento por Kg de ganancia de peso, y mejores a los de los alimentos Posta y Magnum de casi 2.9 Kg de alimento por cada Kg de ganancia de peso.

La eficiencia alimenticia de los cerdos en la etapa de crecimiento (30-60 kg), con valores que fluctúan entre 2.74 y 2.99 Kg de alimento por Kg de ganancia de



peso vivo se encuentra dentro de los valores reportados por NRC (1988) y Elizondo , quienes reportan valores de 2.7. Sin embargo son menores a las reportadas por Pomar *et al.* (2004) de 3.1, aunque superiores a las de la compañía Purina de 2.0, Castro (1999), 2.4 a 2.6 y Maynard (1998) de 2.5 a 2.8.

#### 4.2. Etapa de engorda-finalización (60 - 100 Kg)

Como se puede observar en el cuadro 14, en la etapa de engorda (60-100 Kg) los alimentos probados se distribuyen en dos categorías Purina y Malta contra Posta y Magnum. Es decir, los dos primeros son muy similares al igual que los dos segundos; entre grupos hay diferencias significativas, no así dentro de los grupos.

Cuadro 14. Resultados obtenidos en la etapa de engorda y finalización (60 -100 kg), de los cuatro alimentos que se evaluaron.

Alimento	Días de alimentación	Consumo de alimento	Ganancia por día	Conversión alimenticia
Purina	55.7 ± 5.8 <sup>a</sup>	130.1 ± 7.6 <sup>bc</sup>	0.75 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.13 ± 0.23 <sup>a</sup>
Malta	51.1 ± 5.8 <sup>a</sup>	123.0 ± 15.4 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.14 ± 0.29 <sup>a</sup>
Posta	63.1 ± 8.4 <sup>b</sup>	127.4 ± 14.4 <sup>ab</sup>	0.63 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.24 ± 0.19 <sup>b</sup>
Mágnum	77.2 ± 22.3 <sup>c</sup>	135.2 ± 15.6 <sup>c</sup>	0.59 ± 0.19 <sup>c</sup>	3.24 ± 0.33 <sup>b</sup>
General	61.8 ± 15.7	128.9 ± 13.8	0.69 ± 0.13	3.19 ± 0.26

<sup>a,b,c</sup> literales diferentes dentro de columna son significativamente diferentes (P< 0.05)

Los cerdo alimentados con Purina y Malta requirieron menos días para llegar de los 60 a los 100 Kg de peso (55.7 ± 5.8 vs 51.1 ± 5.8 días) que los alimentados con Posta (63.1 ± 8.4 días) o con Magnum (77.2 ± 22.3 días), y estos últimos, a su

vez, requirieron de mayor tiempo para lograr los 100 Kg de peso ( $P < 0.05$ ). De la misma manera, en el cuadro 14 puede observarse que el alimento Magnum presentó la más alta variabilidad para esta característica (C.V.= 0.29).

En cuanto al consumo de alimento el promedio general fue de  $128.900 \pm 13.800$  Kg. Malta mostró el valor más bajo ( $123.0 \pm 15.4$  Kg), similar a Posta ( $127.4 \pm 14.4$  Kg), seguidos por Purina ( $130.1 \pm 7.6$  Kg) y Magnum ( $135.2 \pm 15.6$  Kg). Dividiendo los consumos entre los días que duró esta etapa del experimento se obtiene que con Purina consumieron 2.336 Kg de alimento diario; con Malta, 2.407 Kg; con Posta 2.019 Kg, y con Magnum 1.751 Kg.

El consumo de alimento durante esta etapa ( $128.9 \pm 13.8$  Kg) concuerda con lo que reporta Pomar *et al.* (2004) de 120 kg pero no concuerda con la mayoría de los autores consultados quienes reportan valores más altos [English, 1992 (161.7 kg); Kato, 1995 (269.4 kg); la compañía Purina (275 kg); Elizondo, 1988 (186.44); NRC, 1988 (158 kg) y Shimada, 2003 (138.6kg)].

Las ganancias de peso por día fueron similares entre los alimentos Purina y Malta (ca. 750 g/día), menores en Posta (630 g/día), en tanto que el alimento Magnum presentó los valores más bajos de ganancia de peso por día (590 g/día). Siendo el promedio general de  $690 \pm 130$  g/día.

Se han reportado valores de ganancia diaria de peso para esta etapa de 750 g (Pomar *et al.*, 2004), de 700 a 800 g (Maynard, 1998), 800 g (Shimada, 2003; English, 1992), 820 g (Castro, 1999; NRC, 1988), e incluso mayores como Brent

(2000) quien reporta que durante esta etapa se deben obtener ganancias de 850-900 g/día.

Un resultado interesante es el referente a la conversión alimenticia, puesto que los alimentos Purina y Malta se comportaron de una manera muy similar, así como los alimentos Posta y Mágnum. Con Purina y Malta se requieren 3.130 y 3.140 Kg de alimento por cada Kg de ganancia de peso y con Posta y Mágnum 3.240 Kg.

La conversión alimenticia de los cuatro alimentos probados es de regular a buena, si consideramos que los valores encontrados en la literatura varían desde 2.4 hasta 4.5. Por ejemplo, Castro (1999) reporta valores de 2.4-2.6, la compañía Purina de 2.6, Maynard (1998) de 3.75, NRC (1988) de 3.79, Pomar *et al.* (2004) de 4, y Elizondo (1988) de 4.5.

#### **4.3. Resultados generales del inicio al final del experimento.**

Los tratamientos Purina y Malta tuvieron el mismo efecto ( $P>0.05$ ), en cuanto a días de alimentación, edad a los 100 Kg, consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, considerando todo el periodo que duró el experimento. Por su parte, los alimentos Posta y Mágnum también se comportaron de una manera similar entre ellos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados generales del sistema de alimentación en las etapas de crecimiento a finalización de los 30 a los 100 Kg.

Alimento	días de alimentación	Edad final	Consumo total	Ganancia diaria	Conversion alimenticia
Purina	100.4 ± 7.7 <sup>a</sup>	160.2 ± 5.4 <sup>a</sup>	227.0 ± 11.9 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.90 ± 0.11 <sup>a</sup>
Malta	96.3 ± 3.0 <sup>a</sup>	161.0 ± 5.12 <sup>a</sup>	218.8 ± 20.9 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.16 <sup>ab</sup>
Posta	99.7 ± 7.7 <sup>a</sup>	174.6 ± 6.8 <sup>b</sup>	199.0 ± 14.2 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.04 <sup>b</sup>	3.10 ± 0.13 <sup>bc</sup>
Mágnum	116.8 ± 19.3 <sup>b</sup>	184.4 ± 22.7 <sup>c</sup>	217.3 ± 21.1 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.13 <sup>b</sup>	3.13 ± 0.17 <sup>c</sup>
++					
General	103.3 ± 13.4	170.1 ± 15.7	215.5 ± 19.5	0.70 ± 0.10	3.03 ± 0.16

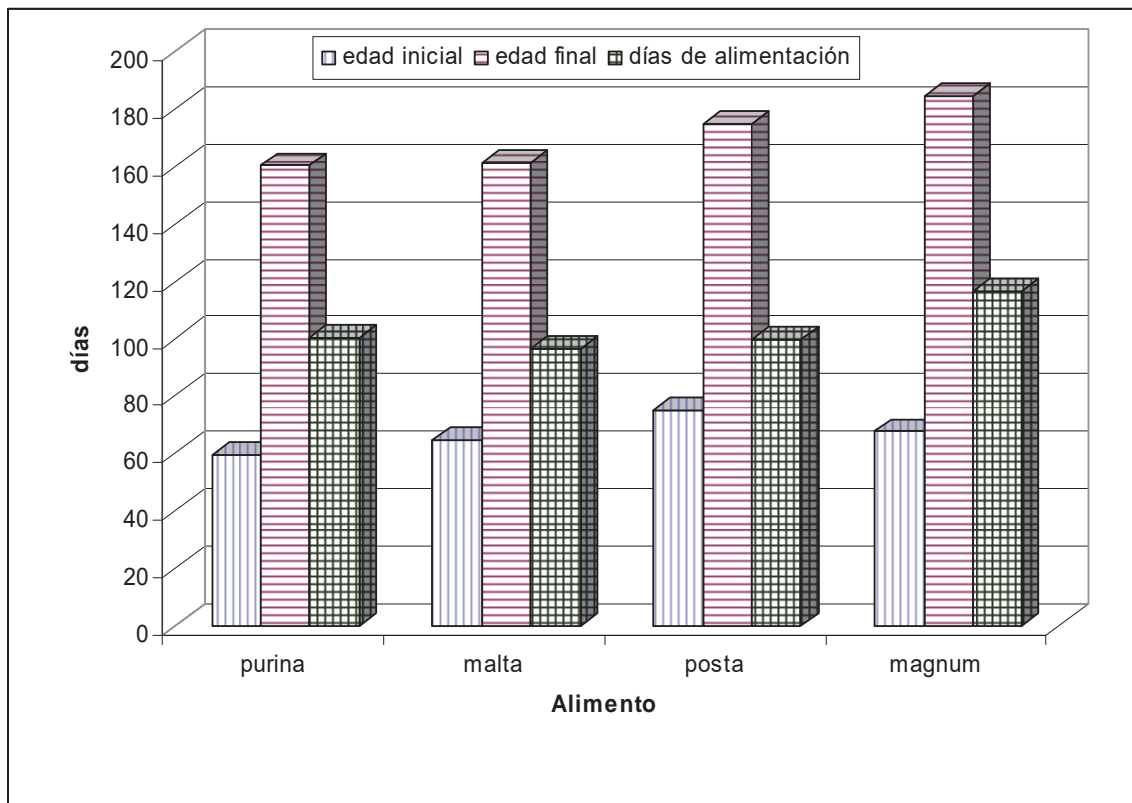
<sup>a,b,c</sup> literales diferentes dentro de columna son significativamente diferentes (P < 0.05)

Los días de alimentación no fueron significativamente diferentes entre los alimentos Purina, Malta y Posta, sin embargo, si se tiene en cuenta que los animales asignados al alimento Posta eran de mayor edad al inicio del experimento, implica que tuvieron una edad mayor al alcanzar los 100 Kg de peso. Esta es la razón por la cual, las edades finales son similares entre los alimentos Purina y Malta (160 días), mayores en Posta (174.6 ± 6.8) y las más altas en Mágnum (184.4 ± 22.7 días) (figura 7).

El más alto valor y la más alta variabilidad en la edad final de los animales alimentados con Mágnum también puede ser el reflejo de los padecimientos que tuvieron los animales alimentados con este alimento. Es conveniente señalar que en este tratamiento se presentó la mayor frecuencia de diarreas y animales con un mayor retraso en el crecimiento, aunque no necesariamente se puede adjudicar la presencia de diarreas al alimento y el retraso en el crecimiento pudo haber sido como

consecuencia de los padecimientos. Sin embargo, los resultados fueron tal y como están reportados en el cuadro 15.

Figura 7. Distribución de edades inicial y final y días que tomaron los animales para alcanzar los 100 Kg de peso.



#### 4.4. Características de la Canal.

En cuanto a características de la canal se analizó el espesor de la grasa dorsal y el área del ojo de la chuleta, observándose diferencias no significativas entre tratamiento para ambas características. Esta situación indica que los cuatro alimentos probados tienen efectos similares sobre el comportamiento del espesor de la grasa dorsal y el ojo de la chuleta.

El valor más alto de espesor de la grasa dorsal fue con el alimento Malta ( $10.67 \pm 2.65$  mm) y el más bajo Purina ( $10.0 \pm 1.0$  mm); siendo intermedios Posta ( $10.22 \pm 2.17$  mm) y Magnum ( $10.44 \pm 4.00$  mm). Los valores registrados fueron ligeramente menores que los encontrados en la literatura; Barton-Gade (1997), Edwards *et al.* (1992) y Cisneros *et al.* (1996) mencionan que el espesor de la grasa dorsal en cerdos debe de tener un valor de 1.3 cm; Wood y Cameron (1994), entre 1.4-1.8 cm. Pero incluso hay autores que manejan valores mucho más altos, por ejemplo Jiménez (1990) indica un espesor de grasa dorsal de 4 cm, Vázquez (1997) de 2.78 cm y Chorne (1993) de 2.88 cm.

Aunque la diferencia entre los valores encontrados en el presente trabajo y los reportados en la literatura pueden ser debidos a diferencias en la forma y precisión de las mediciones, es claro que los alimentos suministrados en el experimento no inducen una acumulación de grasa dorsal.

En cuanto al área del ojo de la chuleta, el valor más alto fue obtenido con el alimento Malta ( $34.11 \pm 2.98$  cm<sup>2</sup>) y el más bajo con Magnum ( $31.11 \pm 5.28$  cm<sup>2</sup>), siendo intermedios Purina ( $32.44 \pm 2.83$  cm<sup>2</sup>) y Posta ( $33.67 \pm 4.50$  cm<sup>2</sup>).

En la literatura se encontraron valores muy variables, desde 10 cm<sup>2</sup> (Jiménez, 1990), 43-48 cm<sup>2</sup> (Castro, 1999; Chorne, 1993) hasta 51.39 cm<sup>2</sup> (Vázquez, 1997). De tal manera que los valores encontrados en el presente experimento pueden ser aceptables y, lo más importante, ningún alimento es mejor que otro en este aspecto.

#### **4.5. Costos de alimentación**

Adicionalmente a la evaluación del comportamiento productivo de los cerdos con los diferentes alimentos se realizó un análisis de costos de alimentación dividiendo el costo del alimento consumido en cada periodo entre los Kg de ganancia de peso.

En el cuadro 16 se presentan los costos totales de alimentación, obtenidos como la cantidad de alimento consumido multiplicado por el costo de 1 Kg de alimento. Los costos de alimentación fueron más altos con el alimento Magnum, seguido por Purina, Malta y Posta en ambas etapas analizadas. De tal manera que para producir un cerdo de 100 Kg de peso los costos fueron mayores con el alimento Magnum (\$ 631.73) seguido por Purina (\$ 528.19) y Malta (\$ 484.36) y, finalmente, el alimento Posta, que fue el de menor costo (\$ 475.57).

Cuadro 16. Costos de producción por cerdo durante las etapas de crecimiento y finalización de acuerdo al alimento suministrado.

alimento	crecimiento			Engorda			Suma
	Consumo	precio	total	Consumo	precio	total	
Purina	93.89	2.52	236.60	126.78	2.30	291.59	528.19
Malta	95.78	2.31	221.25	124.11	2.12	263.12	484.36
Posta	72.67	2.20	159.87	150.33	2.10	315.70	475.57
Mágnum	82.78	3.00	248.33	146.33	2.62	383.39	631.73

Ahora bien, considerando las ganancias de peso y los costos de alimentación para obtener el costo de alimentación por Kg de ganancia de peso (cuadro 17) se observa que el orden sigue siendo básicamente el mismo en la etapa de crecimiento: Mayor en Magnum (\$ 9.01), luego Purina (\$ 6.68), Posta (\$ 6.42) y Malta (\$ 6.35). Sin embargo, en la etapa de engorda el orden cambia, resultando más caro en Magnum (\$ 9.08) seguido de Posta (\$8.00), Purina (\$7.00) y Malta (\$ 6.71).

Cuadro 17. Costos de producción de 1 Kg de aumento de peso de acuerdo al alimento proporcionado.

alimento	crecimiento			Engorda			Ambas etapas		
	costo	GP	total	Costo	GP	total	Costo	GP	total
Purina	236.60	35.394	6.68	291.59	41.667	7.00	528.19	77.061	6.85
Malta	221.25	34.833	6.35	263.12	39.222	6.71	484.36	74.056	6.54
Posta	159.87	24.889	6.42	315.70	39.444	8.00	475.57	64.333	7.39
Mágnium	248.33	27.556	9.01	383.39	42.222	9.08	631.73	69.778	9.05

Al considerar los costos y ganancias de peso durante todo el experimento se encontró (Cuadro 17) que el alimento Malta es el de menor costo por unidad de ganancia de peso (\$ 6.54), seguido por Purina (\$ 6.85) y Posta (\$ 7.39) y el más caro fue Mágnium (\$ 9.05).



## **5. CONCLUSIONES**

1. En la etapa de crecimiento (30-60 Kg de peso) los alimentos Purina y Malta dieron los mejores resultados en todas las características analizadas, sin que existieran diferencias significativas entre ellos.
2. En la etapa de engorda (60-100Kg de peso) el comportamiento productivo no fue significativamente diferente entre los alimentos Purina y Magnum, que dieron los mejores resultados.
3. En el experimento en general (30-100 Kg de peso) el comportamiento productivo fue superior en los animales alimentados con Purina y Malta.
4. En cuanto a características de la canal ninguno de los alimentos mostró ser superior a los demás.
5. Los costos de alimentación por Kg de aumento de peso vivo fueron menores con el alimento Malta.
6. En la mayoría de los caracteres analizados, incluyendo costos de alimentación, los alimentos Purina y Malta fueron superiores a Posta y Magnum, respectivamente.
7. Se recomienda el empleo de alimento Malta, ya que en todas las variables analizadas mostró superioridad, junto con Purina; sin embargo, presenta el menor costo de producción por Kg de ganancia de peso.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1981. Crianza por separación de sexos. Revista Porcira No. 56. p. 27.
- Barton-Gade, P.A. (1997) *Livest. Prod. Sci.* 16: 187-196.
- Brent G. 1991-2000. Producción porcina. 1ra Edición. Editorial El manual moderno. México. pp. 233-237
- Bruner, H. W. and L. A. Swiger. 1968. Effects of sex, season and breed on live and carcass traits at the Ohio Swine Evaluation Station. *J. Anim. Sci.* 27 (2): p.p.383-388.
- Castell, A.G. 1983. La variabilidad genética y el manejo del pienso. *Industria Porcina*. Vol. I: 6-11.
- Castro, M.I. 1999. Parámetros Productivos, Examen general de calidad profesional para medicina veterinaria y zootecnia. 1ra edición. Editorial Jaiser. D .F. (México), pp. 100 – 102
- Charre, M. J. A. 2004. Efectos de la alimentación a libre acceso y restringida, en los parámetros productivos y calidad de la canal en cerdos en confinamiento en etapa de crecimiento y finalización (50-100). (Tesis licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia Michoacán. México.
- Chorne, R. F. 1993. Evaluación de canales de cerdo provenientes de ocho diferentes grupos genéticos. (Tesis licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- Cisneros G. F. 2000. Factores que limitan en consumo de alimento en cerdos. Los porcicultores y su entorno. Publicación bimestral. Año 3. No. 17. p. 4-11.
- Cuarón I. J. A. “Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP México”. Agrupación de Consultores en Tecnologías del Cerdo (Argentina) [porcicultura@porcicultura.com](mailto:porcicultura@porcicultura.com) [consulta: 13 Noviembre 2002].
- Cuthbertson A. y Pease A. H. R. 1968. The interrelationships of various measurements, visual assessments and dissection results on pigs of 200 lbs live weight. *Animal Production*. 10: pp.249-255.
- Dukes, H. H. Y Swenson. M. J. 1981. Fisiología de los animales domésticos. Ed. Aguilar. D.F. (México). pp. 530-535.
- Edwards, S.A., J. D. Wood, C.B. Monorieff y S.J. Porter (1992) *Anim. Prod.* 54: 289-297.
- Elizondo E. I. 1988. *Vademécum, Comercial Agroquímica Pecuaria, S.A. de C.V. Venustiano Carranza No. 169. Tlaquepaque Jalisco, México. C.P. 45500.*
- English R.P., Fowler V.R., Baxter S. y Smith W.J. 1992. Crecimiento y finalización del cerdo, como mejorar su productividad. Como mejorar la productividad. Ed. El Manual Moderno. DF, (México).
- Ensminger, M. E. 1980. Zootecnia general. Ed. El Ateneo, Buenos Aires, (Argentina). pp. 623-631.
- Franson, R. D. 1995. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 5ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill. D.F, (México). pp. 289 - 313.

- Fuller, M. F. 1994. Sex differences in the nutrition and growth of pigs. In. Recent advances in animal nutrition. Studies in the Agricultural and Animal Nutrition. Ed. Butterworths. Haresing, W. London, Boston. p.p. 157-169.
- Gispert, M., A. Valero, M. A. Oliver y A. Diestre. (1997) Euro carne 61: 27-32.
- Guzmán C. V. Plumrose Matadero. Derechos Reservados 2000-2002. Venezuela Porcina. >porcicultura@porcicultura.com< [consulta: 13 Noviembre 2002].
- Herradura, M. A. Espinoza, H. S. Alimentación animal. 1998. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. p.p. 12-15.
- Hopkins, J. R. Chairman, 1977. Has been produced by the nutrition chemist's publications committee. 9:2-14.
- INEGI, 2003. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Edición 2001.
- Jiménez C., Emilio. 1990. Evaluación y clasificación de canales de cuatro cruzamientos de cerdos por el método americano. (Tesis licenciatura) Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Marín, N.L. México.
- Kato, M. L. 1995. La producción porcícola en México. 1ª ed. (México). pp. 138-139.
- Madrid C., P. Gerardo. 1992. Estandarización de peso, longitud y espesor de grasa dorsal en canales de cerdo especializados, en base a rendimiento de la canal en cortes al por mayor. (Tesis licenciatura) ITESME D.C.A. y M. Monterrey, N.L. México.
- Maqueda L. 2000. Impacto de la nutrición en el crecimiento magro del cerdo. Acontecer porcino. Vol. VIII, No. 44. p.p. 21-24.
- Maynard L., A., John K., B.S, Harold F. Hintz, B.S, Richard G., Warner, B.S. 1998. Nutrición Animal. Ed. Calypso, S.A. México. pp. 446-460.
- Meade, R. J. 1980. Necesidades de proteína de cerdos en crecimiento. Revista Porcira. 72 (6) 31-50.
- Medel P, y Fuentetaja, A. 2000. "XVI Curso de especialización, factores que afectan la producción de cerdo graso". Departamento de producción Animal. UPM, COPESE, S.A. España.
- Medel P. y A. Fuentetaja, 1998. XIV curso de especialización: avances en nutrición y alimentación animal. Departamento de producción animal. UPM. COPESE. S.A. España.
- Mondragón V. I. 1973. Departamento de genética animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. (Módulo de Equilibrio de Nutrientes en Monogástricos). pp. 17.
- NRC 1988. Number. Nutrient Requirements of Swine. Edition National Academy press Washington, D.C. pp. 93.
- NRC 1998. Number 2. Nutrient Requirements of Swine. Seventh revised edition. National Academy of Sciences Washington, D.C.
- Observatorio meteorológico de Morelia Mich., 2000. Información Personalizada.
- Ollivier, L. 1977. An adverse effect of mixing the sexes during group fattening of piggs. Animal Breeding Abstracts. 1978. 46 (1); 578.

- PIC. 1995, Bases y programas para el mejoramiento genético en cerdos. Tecnología avipecuria. Año 8 N° 88 midia S.A de C.V.
- Pinheiro, L.C. 1980. Crianza de los cerdos. Ed. Edigraf. Buenos Aires, (Argentina).
- Pomar C. y P.J. Dit Bailleul. "Determinación de las necesidades de los credos de engorde: Limites de los métodos actuales". <[http:// www.veternet/lycos, es/veternet](http://www.veternet/lycos.es/veternet)> [Consulta: 10 Marzo 2004].
- Rodríguez, J.J., 2005. La perspectiva del consumidor respecto a la carne de cerdo y los estudios en los que se valora su aporte nutricional. Tecnología avipecuria. 208: 51-52.
- Rose S. P., Fuller M. F. 1994. Choice - feeding systems for pigs. The Rowett Research Institute; Greenburg, Bucksburn AB2 a5B, UK.
- Shimada, S. A. 2003. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Ed. Consultores en producción animal, S. C., D.F., (México). pp. 17-20 y 185-187.
- Sisson, S. Grossman, OJD. 2001. Anatomía de los animales domésticos. 5ª ed. Vol. II. Ed. JGH Editores. D.F. (México). pp. 1398-1314.
- Skiba-G; Fandrejewski-H; Raj-S; Weremko-D, 2002, "The influence of previous protein or energy restriction of young pigs on their daily gain composition", *Journal-of-Animal-and-Food-Sciences.*, 11: 2, 299-308.
- Tjong, A.H., L.E. Hanson, J.W. Rust and R.J. Meade. 1973. Effects of protein level sequence and sex on rate and efficiency of gain of growing swins, and on carcass characteristics, including composition of lean tissue. *J. Anim. Sci.* 35 (4) : 260-265.
- Tibau, J. (1997) *Resumen de proyecto INIA SC95-048*. IRTA, Girona, España.
- Vázquez del Mercado, F. J. 1997. Comparación De la calidad de la canal de cerdos de II diferentes grupos genéticos. (Tesis licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- Warriss, P.D., S.N. Brown, S.M.J. Adams y A.B. Lowe (1990) *Weat Sci.* 28:321.
- Weatherup, R. N., V.E. Beattie, B.W. Moss, D. J. Kilpatrick y N. Walker (1998).
- Westendarp,-H.; Liebert,-F.; Molnar,-S, 1999 "Influence of the feeding regime on growth performance and carcass quality in growing-finishing pigs", Bohme,-H.; Flachowsky,-G. [Actual aspects in pork production]. *Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von Schweinefleisch. Aktuelle Aspekte*
- Whittemore C.T. y Elsey F.W.H. 1978. Producción practica del cerdo. Ed. Aedos, Barcelona (España). pp. 79-94 y 97-114.
- Wood J. D. y cols.1999. La calidad de la carne de cerdo: un enfoque integrado para el futuro. *Cerdos Swine*. Información oficial de ANVEC. Publicación de Midia relaciones S.A. de C.V. año 2, No. 16. p.p. 28.
- Wood, J. D. y N. D. Cameron (1994) *Proc. of the 5th world congress on genetics applied to Livestock production*: 458-464.

## APÉNDICE “A”

**Característica de los animales**

**Tratamiento 1 (T1): Purina®.**

Cerdo		Raza	Sexo	Inicio de la fase experimental		Término de la fase experimental	
No. Lote	Identificación			Peso (kg)	Edad (días)	Peso (kg)	Edad (días)
1	M-28-5	Y x P	macho	29.00	64.00	106	153
1	M-31-6	Y x P	macho	27.00	64.00	107	159
1	M-28-2	L x P	macho	23.00	57.00	101	158
2	M-28-4	L x Y	macho	25.25	57.00	104	160
2	M-31-7	Y x P	macho	26.00	59.00	100	163
2	M-33-7	L x P	macho	24.00	59.00	98	153
3	M-28-1	L x P	macho	25.70	64.00	100	160
3	M-32-3	Y x P	macho	22.00	55.00	100	168
3	M-32-6	L x Y	macho	26.50	59.00	106	168
<b>Promedio</b>				25.38	59.78	102.44	160.22

**Tratamiento 2 (T2): Malta Cleyton®.**

Cerdo		Raza	Sexo	Inicio de la fase experimental		Término de la fase experimental	
No. Lote	Identificación			Peso (kg)	Edad (días)	Peso (kg)	Edad (días)
1	M-34-3	Y x P	macho	25.50	64	100	162
1	M-34-2	Y x P	macho	24.50	64	100	162
1	M-34-1	L x P	macho	27.50	64	100	162
2	M-35-7	L x Y	macho	27.00	68	102	166
2	M-34-4	Y x P	macho	22.00	68	102	166
2	M-35-4	L x P	macho	26.00	68	107	166
3	M-2-6	L x P	macho	29.00	62	100	153
3	M-3-8	Y x P	macho	28.00	62	96	159
3	M-3-1	L x P	macho	31.00	62	100	153
<b>Promedio</b>				26.72	64.67	100.78	161

**Tratamiento 3 (T3):** La posta de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Cerdo		Raza	Sexo	Inicio de la fase experimental		Término de la fase experimental	
No. Lote	Identificación			Peso (kg)	Edad (días)	Peso (kg)	Edad (días)
1	M-8-4	Y x P	macho	39.00	76.00	96	165
1	M-9-1	Y x P	macho	34.00	76.00	100	169
1	M-8-8	L x P	macho	38.00	76.00	107	186
2	M-8-5	L x Y	macho	36.00	76.00	100	172
2	M-8-2	Y x P	macho	33.00	76.00	94	172
2	M-7-4	L x P	macho	36.00	76.00	94	170
3	M-8-3	L x P	macho	32.00	71.00	104	175
3	M-7-5	Y x P	macho	30.00	71.00	100	181
3	M-7-2	L x Y	macho	35.00	76.00	97	181
<b>Promedio</b>				34.78	74.89	99.11	174.56

**Tratamiento 4 (T4):** Magnum®.

Cerdo		Raza	Sexo	Inicio de la fase experimental		Término de la fase experimental	
No. Lote	Identificación			Peso (kg)	Edad (días)	Peso (kg)	Edad (días)
1	M-1-1	Y x P	macho	36.00	80.00	97	206
1	M-0-5	Y x P	macho	35.00	79.00	86	205
1	M-3-5	L x P	macho	31.00	66.00	105	224
2	M-6-3	L x Y	macho	31.00	64.00	106	162
2	M-6-4	Y x P	macho	31.00	61.00	96	162
2	M-6-1	L x P	macho	30.00	67.00	105	172
3	M-9-6	L x P	macho	30.00	61.00	105	166
3	M-9-7	Y x P	macho	30.00	68.00	108	173
3	M-6-2	L x Y	macho	32.00	63.00	106	190
<b>Promedio</b>				31.78	67.67	101.56	184.44

Nota: Las abreviaturas de las razas son:

YxP: Yorkshire y Landrace

LxP: Landrace y Pietrain

LxY: Landrace y Yorkshire.



## APÉNDICE “B”