



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE UNA DIETA PARA CERDOS DE CRECIMIENTO-
ENGORDA (20-100 KG) SOMETIDA A TRATAMIENTO TÉRMICO
EN EL SECTOR DE CERDOS DE LA FMVZ DE LA UMSNH.

TESIS

QUE PRESENTA

NESTOR HERRERA ROBLEDO

PARA OBTENER EL TITULO DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

ASESORES

DR. LAURO ROGELIO CHÁVEZ RODRÍGUEZ

DR. OCTAVIO CALDERÓN ORTIZ

MORELIA, MICHOACÁN, MAYO DEL 2012





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE UNA DIETA PARA CERDOS DE CRECIMIENTO-
ENGORDA (20-100 KG) SOMETIDA A TRATAMIENTO TÉRMICO
EN EL SECTOR DE CERDOS DE LA FMVZ DE LA UMSNH.**

T E S I S

QUE PRESENTA

NESTOR HERRERA ROBLEDO

PARA OBTENER EL TITULO DE

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

MORELIA, MICHOACÁN, MAYO DEL 2012



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que como parte de ella me dio la oportunidad de formarme profesionalmente.

En especial a los profesores: Dr. Lauro Rogelio Chávez Rodríguez y Dr. Octavio Calderón Ortiz por su apoyo para la realización de esta tesis.

Al Dr. Rogelio Garcidueñas Piña, que me apoyó con dedicación y paciencia.

Al MVZ José Luis Cedeño Vázquez por apoyo y el tiempo dedicado a este trabajo.

A mis sinodales, Dr. José Arce Menocal y el MVZ. Jorge Antonio Mariño Solís, por su apoyo y dedicación que me brindaron para la culminación de esta tesis.

A mis compañeros y amigos de la sección 03, con los que compartimos el proceso de aprendizaje y me brindaron su amistad durante estos años de formación profesional.

DEDICATORIAS

A dios por darme la vida y poder disfrutar de una excelente familia, de la oportunidad de terminar una carrera para abrirme paso por la vida; por darme salud, fortaleza y paciencia para continuar.

A mis padres Ángela Robledo Rodríguez y Cosme Herrera Miguel, por su apoyo y dedicación en mi formación profesional, por su incontable esfuerzo y comprensión, por su firmeza para nunca perder la esperanza y porque son las personas que más quiero en la vida. Este trabajo y este esfuerzo es de ustedes, gracias.

A mis hermanos Marisol Herrera Robledo y Rubén Herrera Robledo, por su apoyo y motivación hicieron que el camino a seguir fuera más fácil e importante.

A mis abuelitos que siempre me dieron palabras de aliento y consejos en el desarrollo de mi vida.

A mis amigos, a todos ellos que me han brindado su amistad y compartieron momentos importantes durante el transcurso de mi vida.

Índice de contenidos

1.- Introducción	1
2.- Antecedentes y Revisión Bibliográfica	3
2.1.- Situación y perspectivas de la porcicultura	3
2.1.1.- La porcicultura en México	4
2.1.2.- Inventario y producción de carne	5
2.1.3.- La porcicultura en el estado de Michoacán	6
2.2.- Técnicas utilizadas para mejorar la digestibilidad del alimento	7
2.3.- Biología de crecimiento de los cerdos	9
2.4.- Alimentación y Nutrición en Cerdos	11
2.4.1.- Factores que limitan el consumo de alimento en cerdos	12
2.4.2.- Consumo voluntario	12
2.4.3.- Factores alimenticios	14
2.4.4.- Factores fisiológicos	14
2.4.5.- Sistema de alimentación en cerdos	15
2.5.- Alimentos y su procesamiento químico básico	15
2.5.1.- Necesidades de energía	16
2.5.2.- Necesidades de proteína	17
2.6.- Parámetros productivos	18
3.- Hipótesis	19
4.- Objetivo	19
4.1.- Objetivo General	19
4.2.- Objetivos Particulares	19
5.- Material y Métodos	20
5.1.- Biológico	20
5.2.- Tratamientos	20
5.3.- Grupos experimentales	21
5.4.- Cerdos	21

5.5.- Alimentación	21
5.6.-Mediciones	21
5.6.1.-Del alimento	21
5.7.- Instalaciones	22
5.8.- Equipo de medición	22
5.9.- Localización del área de trabajo	23
5.10.- Análisis Estadístico	24
6.- Resultados y Discusión	25
7.- Discusión	31
8.- Conclusiones	33
9.- Bibliografía	34

Índice de cuadros y figuras

Cuadro A.- Promedios de los pesos semanales registrados con cada tratamiento.	25
Figura 1.- Curva de crecimiento en cerdos alimentados con una dieta seca y cocida.	26
Cuadro B.- Ganancia de peso semanal por tratamiento	27
Figura 2.- Gráfica de las ganancias de peso semanales por tratamiento	28
Cuadro C.- Consumos totales promedios de alimento por cerdo	28
Cuadro D.- Conversión alimenticia por periodo y general en T1 vs T2	29
Cuadro E.- Consumo de alimento por etapas	29
Cuadro F.- Costo del alimentación T1 vs T2	30
Cuadro G.- Costo de producción por tratamiento T1 vs T2	30

Resumen

Se realizó un trabajo de investigación con el objeto de evaluar un alimento compuesto para cerdos de crecimiento-engorda con un peso inicial de 20 kg para llegar al término de 100 kg, sometido a tratamiento térmico, sobre los parámetros productivos y costos de producción. Se utilizaron un total 48 cerdos mixtos (, 50% hembras y 50% machos castrados), los cuales fueron alojados de manera homogénea en peso corporal y sexo. Los tratamientos consistieron en ofrecer un alimento en dos presentaciones (con y sin tratamiento térmico), el alimento térmico hubo una restricción del 20% y el alimento sin tratar fue ofrecido al igual que el agua, *ad libitum* teniendo una adaptación previa de una semana. Los resultados obtenidos al final de la prueba presentaron diferencias ($p < 0.001$), en el consumo de alimento (320 vs 278 kg) y en la conversión de alimento (3.38 vs 3.02 kg/kg) a favor de los cerdos que estuvieron consumiendo el alimento que se sometió al tratamiento térmico. La respuesta en la ganancia diaria de peso ($p < 0.001$), los cerdos que estuvieron con el alimento térmico, llegaron 7 días antes al objetivo (100 kg), lo que representó una ganancia económica de un 15% con relación a los cerdos que estuvieron consumiendo alimento sin tratamiento térmico. Por lo que se concluye, que alimentar a los cerdos con alimento tratado térmicamente, puede ser una alternativa viable para mejorar la rentabilidad de las explotaciones porcinas.

PALABRAS CLAVES/ Cerdos, Alimentación, Tratamiento Térmico.

1.- Introducción.

Alrededor del 70-80% de los costos de producción en una granja porcina corresponden a los gastos por alimentación, por lo que es uno de los puntos centrales de atención en estas explotaciones y por lo que cualquier intento que contribuya a abatir este factor puede ser significativo en el aspecto de competitividad productiva, lo cual es cada día más significativo en el ámbito de rentabilidad pecuaria, además de su impacto en el aspecto productivo.

El entorno socioeconómico actual nos obliga a la búsqueda de estrategias de mayor eficiencia para poder seguir vigentes en un esquema de rentabilidad que entre otras cosas es el producto de la disminución de los costos de producción y el otorgamiento de un mayor valor a las canales producidas, como efecto en gran medida a una buena alimentación.

Como se ha señalado, la alimentación representa la mayor parte del costo total de la producción porcina, por lo que es necesario y de suma importancia precisar las necesidades nutritivas de los animales en sus diferentes etapas productivas. 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 de los costos de producción.

La forma más común de almacenamiento vegetal de los carbohidratos es el almidón que se encuentra agrupado en pequeños gránulos en estado natural que dificultan que las enzimas (amilasas) actúen eficazmente durante el proceso de hidrólisis. (FAO, 1980; Frandson, 1988; Guyton, 1991). Esta es una razón por la que algunos alimentos mejoran el proceso digestivo cuando se someten a diversos tratamientos previos al ataque enzimático durante la digestión, tal es el caso del tratamiento con agua caliente a 75-80 °C durante 10 minutos o a 60-65 °C durante 45 minutos (FAO, 1980) y aunque se han encontrado algunos daños al contenido proteico de estos alimentos y fuentes de carbohidratos cuando se someten a un tratamiento térmico,

se han encontrado efectos favorables en la digestibilidad lo que se compensa al final por la aplicación de este tratamiento (García, 1990).

El sector pecuario atraviesa por una situación difícil en la actualidad; la escasez mundial de maíz se ha visto exacerbada, dado que se ha estado destinando a la producción de etanol, con un fuerte impacto en el precio de todos los granos y cereales.

En nuestro entorno y en la producción porcina el sorgo es la principal fuente de energía utilizada, y su empleo depende de su precio, disponibilidad, variedad y calidad; factores que puede afectar su eficiencia desde un 50 a 85% (Campabandal, 1992).

La investigación realizada y motivo de esta tesis se llevó a cabo con la finalidad de evaluar la viabilidad práctica de la utilización de un alimento con base de sorgo tratado térmicamente para mejorar la digestibilidad de los carbohidratos, en una granja porcina de pequeña escala.

2.- Antecedentes y Revisión Bibliográfica.

2.1.- Situación y perspectivas de la porcicultura.

Los tres principales datos de referencia que se deben contemplar cuando se pretende hacer un análisis de la situación actualizada y de las perspectivas del subsector porcino en el ámbito mundial son los siguientes:

La producción mundial de carne de cerdo, se sitúa en 91,000,000 de toneladas métricas/año. La tasa de crecimiento en la última década ha sido realmente espectacular; en términos absolutos se estima en 21,500,000 toneladas, lo que equivale a siete veces la producción de Sudamérica.

Desde el año 2000 hay tres grandes zonas productoras en el mundo, que son las que, en gran medida, marcan las directrices de producción y sobre todo, de comercio en el mundo:

- República Popular China.....41.2 %de la producción mundial.
- Unión Europea.....20.0 % de la producción mundial.
- E.U. de Norteamérica.....9.7 % de la producción mundial. (FAO, 2004).

En lo que a modelos productivos se refiere, hay que significar una creciente producción de carne de porcino observada en modelos intensivos y en grandes corporativos (Buxadé, 1998), observándose la disminución de los medianos productores y en el caso de nuestro país, la porcicultura de traspatio pervive por las condiciones conocidas en ese Sistema de Producción (Kato, 1995).

Dentro de la producción mundial, (expresadas en carne equivalente de canal), Centro y Sudamérica, producen sólo lo que supone el 4% de dicha producción, con 3.6 millones de toneladas año. Sin embargo este dato presenta un sesgo, al igual que ocurre en la Unión Europea, pues sólo Brasil produce cerca del 49% de dicho volumen. Se espera que a mediano plazo, América Latina participe mucho más en este mercado.

En síntesis se puede indicar que:

- Serán cada día más importantes los procesos de normalización y tipificación.
- La trazabilidad adquirirá prioridad.
- La complejidad del Mercado Mundial va a aumentar.

Por los excedentes que registra el Mercado Mundial, habrá que buscar desarrollos regionales mucho más compensados y si no se actúa pronto y eficientemente puede verse muy presionado el subsector porcino de cada país y tendrá enormes dificultades para desarrollarse de forma integral y al margen de singularidades (Buxadé, 2000).

2.1.1.- La porcicultura en México.

Aunque en México, la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos, su participación en el Producto Interno Bruto es mínima, solamente alrededor del 0.3%, su relevancia reside en que proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población, así como en que usan, en forma indirecta, vastas superficies agrícolas y da lugar a una amplia y compleja cadena productiva que incluye la producción de granos forrajeros y oleaginosas, la elaboración de alimentos balanceados, fármacos, biológicos veterinarios y la operación de establecimientos de sacrificio, despiezado y de industrialización de la carne.

No obstante el significativo desarrollo alcanzado por la porcicultura mexicana en los últimos años, sus características fundamentales siguen siendo su enorme heterogeneidad productiva, su dependencia del exterior en la obtención de pie de cría e insumos alimenticios (entre un 30-40% del sorgo y más del 80% de la soya son de importación) y la falta de internalización de sus costos ambientales (Pérez, 2002).

2.1.2.- Inventario y producción de carne.

La estadística periódica oficial sobre el sector pecuario es sumamente limitada y sobre porcicultura genera sólo dos datos: la producción de carne de cerdo, información mensual a nivel estatal y el inventario porcino, dato agregado a nivel nacional que se publica con un rezago de dos años.

Tampoco las organizaciones de porcicultores proporcionan información estadística acerca de sus asociados, de tal manera que las cifras sobre número de vientres, escala de la producción, estructura de la piara y niveles de tecnificación tienen que inferirse a partir de la información censal o bien, de estudios específicos sobre el sector.

Los factores que sustentaron este dinamismo fueron: un mercado interno en expansión (el "milagro mexicano" con tasas de crecimiento de 8% en los años sesenta y poco menores a principios de los setenta), un rápido proceso de urbanización que provocó cambios sustanciales en los hábitos de consumo, una economía de subsidio (en este caso al sorgo que en México es el principal componente de la dieta de los cerdos) y un mercado protegido con elevados aranceles y permisos de importación.

El crecimiento de la porcicultura se llevó a cabo sin prestar ninguna atención a los problemas ambientales que generaba; no obstante que desde 1973 se había emitido un reglamento que señalaba límites para cinco parámetros en las descargas de aguas residuales.

La crisis de los ochenta, la llamada "década perdida" y los programas de ajuste aplicados modificaron ese panorama: el mercado interno se estancó, se eliminaron la mayor parte de los subsidios, entre ellos al sorgo, y se dio inicio a un proceso de apertura comercial que culmina, en la primera mitad de los noventa, con la firma de varios acuerdos comerciales con diferentes países.

En 1984 la porcicultura entra en crisis: el inventario se reduce en forma sistemática hasta 1995, la producción de carne disminuye 50% de 1983 a 1989 y el consumo per cápita se reduce a la mitad, de 20 kg/año en 1983 a 9.1 kg/año en 1989.

A partir de 1991, la producción nacional de carne de cerdo muestra un repunte modesto pero sostenido, llegando a 1'431,210 toneladas el año 2004, calculándose un consumo per cápita de alrededor de 13.5 kg/año. (FAO, 2004). Sin embargo, los Estados Unidos de Norteamérica, ejercen una gran influencia en el mercado mexicano y mundial, lo que podrá implicar importantes enfrentamientos comerciales, en el comercio con terceros países como de la Unión Europea (Buxadé, 2000).

Desgraciadamente, no existe una política para este subsector que persiga recuperar el nivel que tenía a principios de los ochenta. Los recursos, reducidos en comparación con los canalizados a otras ganaderías, se han dirigido a apoyar a los grandes productores, particularmente en el sureste del país (Pérez, 2002), por lo que se necesita generar alternativas que ayuden a aumentar la productividad y competitividad especialmente de los productores de mediana y pequeña escala.

2.1.3.- La porcicultura en el estado de Michoacán.

En la década de los setentas el estado de Michoacán fue una de las zonas de mayor producción porcícola; donde un solo productor de la región de La Piedad, podía llegar a influir en los precios del mercado, enviando más animales al sacrificio; sin embargo, en dicha región en el año de 1984 se diagnosticó la enfermedad del Ojo Azul o Paramixovirus Porcino, teniendo como consecuencia grandes pérdidas económicas. Para la década de los noventas, la porcicultura estatal se caracterizó como la actividad más grande del sector pecuario.

En la actualidad, la organización de los productores llevó a una alta concentración de los sistemas de producción, por lo que ahora se tiene que cuantificar no solamente en función del número de animales que puedan poseer en la explotación, sino por

grupos empresariales, los cuales poseen el control, tanto de de los insumos, como el pie de cría, medicamentos y alimentos; es decir, se ha llegado a un mayor nivel de integración, principalmente en la región del bajo (Kato, 1995). Paradójicamente, la producción nacional mantiene una estructura de participación en la producción que ha pervivido desde hace muchos años, representada por tres sistemas de producción principales; el Tecnificado, el Semi tecnificado y el de Traspatio o Familiar; y se dice paradójico porque se reparte la producción nacional en porcentajes equivalentes para cada sistema.

Esto significa que cerca del 66% de nuestra producción está en manos de los productores de mediana y pequeña escala. Esto tiene implicaciones sociales y económicas importantes, pues si atendemos a las relaciones económicas y de estabilidad social que genera esta actividad económica en ese gran núcleo de población, se puede avizorar que dadas sus condiciones socioeconómicas y políticas no les es fácil sortear las dificultades inherentes a la condición que le supone la mediana y pequeña escala, por lo que cualquier intento por encontrar alternativas para optimizar la producción es relevante.

2.2.- Técnicas utilizadas para mejorar la digestibilidad del alimento.

Cuando un alimento es sometido al “peletizado” en las fabricas de alimentos para animales, el proceso repercute de manera positiva en la digestibilidad del mismo, calculándose una mejoría cercana al 20% de la digestibilidad; desgraciadamente, este proceso es caro y cuando se hace un balance costo-beneficio resulta poco atractivo para el productor mediano y a pequeña escala, pues el beneficio se va en el precio pagado por el alimento. Sin embargo, hay algunos resultados interesantes en la búsqueda por encontrar alternativas con ese objetivo, como lo es la alimentación húmeda, restringida (Magowan, 1995) y cuando se le ha dado tratamiento térmico al sorgo, que proporcionan beneficios en digestibilidad cercanos al 20% (Chávez *et al*, 2006¹; Chávez *et al.*, 2006²).

También se ha impulsado la alimentación líquida, especialmente en países europeos, en los que se han reportado hallazgos interesantes y diversos (Arán, 2005); algunos prometedores y algunos con dificultades técnicas para su implementación a mayor escala. Sin embargo, en la búsqueda por encontrar resultados favorables no debe pensar en la inmediatez, sino en fincar el desarrollo futuro de mejores alternativas (English, 1990).

Desde principios de los años 80, con la imposición de destetes más tempranos, se empezó a suministrar cereales y soya tratados térmicamente a los lechones de transición esperando mejorar la digestión enzimática (Edwin, 1985). El tratamiento térmico de los cereales, tiene una justificación bioquímica, pues el calor produce una gelatinización de su almidón que “abre su estructura”.

Recientemente algunos estudios han obligado a replantear este concepto, dado que en un experimento en el que se proporcionó cereales crudos vs extrudidos a 120 lechones desde el destete (20 días) hasta los 42 días y de ahí hasta los 124 días. En el primer intervalo los cerdos que consumieron cereales extrusionados tuvieron un consumo y una ganancia diaria promedio ligeramente superior, sin embargo, el efecto se revirtió en el siguiente periodo. Al final del experimento, los lechones que sólo habían consumido cereales crudos pesaban 64.5 kg en promedio, mientras que los que consumieron cereales extrusionados en una primera fase, sólo alcanzaron los 60.8 kg en promedio.

Las altas temperaturas necesarias para la extrusión, junto con la humedad favorecen la reacción de Maillard entre los carbohidratos y las proteínas, lo que puede afectar al resto de los componentes, especialmente lisina. Se estima que la reducción de energía y proteína bruta puede alcanzar el 1-2%. Sin embargo, esta pérdida se supone que es compensada por un aumento sustancial de la digestibilidad de estos nutrientes (Arán, 2005).

El uso del grano de sorgo en la alimentación porcina se conoce desde hace mucho (ver por ejemplo Hillier *et al* 1959; Hale y Lyman 1961), incluyendo su utilización en la alimentación de la cerda Hesby y Blum 1975). Como es bien sabido, se han

ensayado varias técnicas para mejorar el valor nutritivo del grano de sorgo para el ganado porcino, particularmente en lo referente a la utilización del almidón del sorgo por parte del cerdo (Cohen y Tanksley 1973). Se sabe desde hace mucho que el grano de sorgo puede contener alrededor de 60% de almidón (Haron y Marie 1946), y que puede existir una correlación positiva entre el nivel de almidón y el de proteína en el grano de sorgo (Sisodia *et al* 1979).

En trabajos anteriores (Chávez, R *et al.*, 2006¹) (Chávez, R *et al.*, 2006²), (González y Espino, 2009) cuando han implementado el tratamiento térmico al sorgo o a un alimento balanceado comercial se han encontrado resultados que mejoran, tanto la eficiencia alimenticia como un ahorro económico considerable que va de un 15 al 18% de mayor eficiencia en la conversión alimenticia y de un 13 a 15% de disminución del costo de producción por concepto de alimentación. En el trabajo de González y Espino (2009), que usaron sorgo mezclado con un suplemento proteico comercial al 36% de PC, hubo consumos promedio de 320 kg vs 278 kg en cerdos de 10 a 100 kg de peso vivo y una conversión alimenticia 3.38 vs 3.02 cuando se ofreció el mismo alimento *ad libitum* vs a uno tratado térmicamente.

2.3.- Biología de 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 en forma tan simple y clara es mucho más que un aumento de 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 el resultado de los depósitos de grasa de los tejidos de reserva. Por tanto, el crecimiento se caracteriza e 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).

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 periodo de crecimiento casi 77% del músculo es agua, más o menos 19% proteína y cerca del 1% cenizas.

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

2.4.- Alimentación y Nutrición en Cerdos.

En la producción porcina moderna, las prácticas nutricionales y la formulación con dietas compuestas cada vez son más precisas y económicas, aunque el encarecimiento de la materia prima y su escasez, obliga cada vez más a tener una mayor eficiencia productiva, mediante el mejoramiento genético y la aplicación de mejores prácticas de manejo y alimentación.

La cantidad de alimento consumido por los cerdos en crecimiento y alimentados *ad libitum* está controlada principalmente por el contenido energético de la dieta. Si contiene cantidades excesivas de fibra (mayor de 5-7%) sin aumentos proporcionales de grasa, la tasa y especialmente, la eficiencia del aumento de peso se modifican negativamente.

La alimentación es uno de los pilares donde se sostiene un sistema productivo rentable. En la actualidad, nuestros sistemas de producción tienen como principal objetivo obtener cerdos con un peso de sacrificio de aproximadamente 100 kg con una duración media de 175 días, lo que da lugar a que se produzca un crecimiento medio diario de aproximadamente 0.650 kg después del destete.

Para alcanzar estos valores es necesario el suministro de una alimentación con una relación óptima de energía-proteína además de emplear animales con un potencial genético probado, en el que se encuentran consumos de alimento por día que van desde los 2.35 hasta los 2.85 kg/día, lo que pone de manifiesto la variabilidad que puede haber aun bajo condiciones similares de manejo y alimentación y que se traduce en consumos totales que se reflejan en conversiones alimenticias desde 2.6 a 3.3, que en las condiciones de obligada competitividad actuales esas diferencias son abismales, desde el punto de vista de productividad y consecuentemente con resultados de rentabilidad que hacen o no viable el sostenimiento de ésta actividad productiva.

2.4.1.- Factores que limitan el consumo de alimento en cerdos.

Es frecuente que en las explotaciones porcinas el bajo consumo de alimento se atribuya a las características del alimento, cuando existen otras influencias no nutricionales o alimenticias que pueden limitar gravemente el consumo de alimento.

La cantidad de alimento que un cerdo consume está regulada por factores fisiológicos, los inherentes al animal, y determinados por su genotipo, sexo, estado productivo y peso corporal.

El consumo de alimento es diferente entre sexos, aunque en animales menores de 35 kg la diferencia no es evidente (Cisneros, 2000).

2.4.2.- Consumo voluntario.

El consumo voluntario es probablemente el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria; 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 alimenticia 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, 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 está por encima de lo requerido, la tendencia es 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 *et al.*, 1992).

2.4.3.- Factores alimenticios.

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 (Shimada, 2003).

Explicado de otra manera, 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 *et al.*, 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.

Se reconoce que los sabores (dulce, salado, ácido, amargo) tienen un efecto importante, e incluso, hay diferencia entre especies animales en la gama de sabores aceptable. El aroma y la textura también son componentes del alimento que afectan la gustosidad (Shimada, 2003).

2.4.4.- Factores fisiológicos.

Temperatura ambiente: 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. La zona de confort térmico o de termoneutralidad de los animales domésticos se encuentra entre 15 y 25°C. En general, el consumo disminuye con altas temperaturas y llega a suspenderse completamente a más de 40°C. 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.

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

2.4.5.- 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.
- Seca.

2.5.- Alimentos y su procesamiento químico básico.

La función de los alimentos es la de proporcionar energía para la conservación de las funciones vitales y productivas, la sustitución de tejidos en los animales adultos, así como la creación de tejidos nuevos en los jóvenes y en hembras en estado de gestación y de las materias que deben secretar las glándulas. En general, los alimentos pueden clasificarse como esenciales (carbohidratos proteínas y grasas), con función de suministrar energía, o accesorios (agua, sales inorgánicas y vitaminas), esenciales para la vida, pero sin suministrar energía. Los porcentajes de cada uno de los citados compuestos varían en cierta medida según las especies, la edad, el sexo y las condiciones especiales de cada animal.

2.5.1.- Necesidades de energía.

La concentración de energía en la alimentación depende de los ingredientes y de las proporciones de carbohidratos, grasa y proteínas presentes en los ingredientes.

La energía digestible es 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 digestible con efectos positivos del extracto etéreo y negativos de extractos de fibra y ceniza (Fuller, 1994).

En el proceso de crecimiento, el 60% de la energía de la dieta eventualmente es desperdiciada y solo 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 las necesidades de energía y la proporción de proteínas que los cerdos necesitan para la formación de tejidos (Maynard *et al.*, 1998; Rose y Fuller, 1994).

2.5.2.- Necesidades de proteína.

Generalmente, si nos referimos al alimento para cerdos, la proteína se define como proteína cruda (PC), con un contenido de Nitrógeno de 26.25%. Esta definición es basada en la suposición de que en promedio hay 0.16 kg de Nitrógeno por cada 0.100 kg 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.

Una de las deficiencias nutricionales más frecuentes en la producción animal es la deficiencia de proteína, manifiesta ésta ya sea porque las dietas no contienen niveles adecuados o es de mala calidad con respecto al contenido de los aminoácidos esenciales, o bien hay un desbalance de los aminoácidos (Maynard *et al.*, 1998; Shimada, 2003).

Los beneficios de ver los requerimientos de proteína dietética como patrón balanceado de aminoácidos es obvio, sin embargo, algunas precauciones necesitan ser elegidos 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 los 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 diferencias de los aminoácidos para alcanzar su máximo crecimiento (Skiba *et al.*, 2002).

La calidad y la cantidad de la proteína afecta el rendimiento productivo, la síntesis de los tejidos y la calidad del 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).

2.6.- Parámetros productivos.

En una explotación porcina, el esquema alimenticio se divide de acuerdo a las necesidades nutritivas del animal, lo cual permite agruparlos dentro de una granja. El crecimiento se divide en distintas etapas (NRC, 1998), marcadas por rangos de peso vivo como sigue: 3-5 kg, 5-10 kg, 10-20 kg, 20-50 kg, 50-80 kg y 80-120 kg (ver cuadro 6 de anexos).

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 encuentran los cerdos.

(Oliver, 1977) buscó el efecto de engordar cerdos mezclados (hembras y machos) en corrales y encontró que disminuía el consumo del alimento en un rango de 1.8% en comparación con datos de cerdos engordados por separación de sexos.

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 administro alimento a libre acceso, los castrados consumieron mas 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% (Fuller, 1994).

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

Los días al mercado constituyen la edad de los cerdos al momento de alcanzar 90-100 kilogramo de peso vivo pueden varían entre 165-190 días (ver cuadros 2, 3, 7 y 8 de anexos).

En la nutrición, el crecimiento de un cerdo busca maximizar el crecimiento del tejido magro 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).

3.- Hipótesis.

El alimento suministrado a cerdos en crecimiento y finalización, tratado térmicamente puede mejorar el crecimiento y la eficiencia alimenticia de estos.

4.- Objetivo.

4.1.- Objetivo General:

Evaluar los parámetros productivos de cerdos en las etapas de crecimiento y finalización (20 a 100 kg de peso vivo) como efecto del tratamiento térmico del alimento suministrado a éstos.

4.2.- Objetivos Particulares:

- Evaluar la ganancia media diaria de peso (GMD).
- Determinar la conversión alimenticia (CA).
- Realizar un análisis económico de los resultados productivos por los tratamientos.

5.- Materiales y Métodos.

5.1.- Biológico.

Se realizó el experimento con 48 cerdos, hembras y machos castrados, cruzados de las razas Landrace x Duroc Jersey x Pietrain. Con un peso inicial promedio de 20.00 kg (± 1.560 kg).

5.2.- Tratamientos:

T1 o Tratamiento Testigo: Dieta suministrada en forma tradicional, en harina y *ad libitum* y en comedero de tolva con 5 bocas, con acceso al agua de bebida *ad libitum*.

Tratamiento T2 El alimento tratado térmicamente se preparó según la técnica descrita por Chávez *et al*; 2006² que consiste en el calentamiento de agua a 80°C y mezclado en una proporción de dos litros de agua por kilo de alimento compuesto; posteriormente, luego de verter el alimento, se mezcló con una pala hasta homogeneizarlo, dejándolo en reposo por 24 horas, el cual se sirvió en los comederos de canaleta y con acceso al agua de bebida *ad libitum*. Este tuvo una restricción de un 20% del volumen ofrecido al T1 (en base seca), dado que en trabajos previos se ha observado una mayor eficiencia del alimento con este tratamiento. Se aportaron los mismos gramos diarios de proteína para cada animal, solo haciendo una restricción del aporte volumétrico pero tratando de no afectar el aporte proteico.

En ambos tratamientos se cubrieron las necesidades de los animales según la etapa de su crecimiento (Tabla 1 Anexo).

5.3.- Grupos experimentales:

T1: 24 cerdos, 12 hembras y 12 machos de 63 ± 3 días de edad y un peso promedio de 19.9 ± 1.1 .

T2: 24 cerdos, 12 hembras y 12 machos de 63 ± 3 días de edad y un peso promedio y de 20.0 ± 1.1 .

5.4.- Cerdos.

Los cerdos se lotificaron de manera homogénea, se sometieron a una etapa de adaptación a las dietas durante ocho días y fue el peso inicial del experimento.

5.5.- Alimentación:

Se diseñó una dieta para cubrir las necesidades de proteína cruda y energía correspondientes al peso de los animales (NRC, 1998). Tabla N° 1 del Anexo.

5.6.- Mediciones:

5.6.1.- Del alimento:

Se sirvió el alimento (Lote T1) de manera suficiente y se midió el rechazo; posteriormente y en base a las necesidades de alimentación conocidas, (NRC, 1998) se calculó el consumo de acuerdo al peso de los cerdos, cuidando que al lote testigo no le faltara alimento al día siguiente para evitar la restricción. Al T2 se le sirvió el alimento por la mañana y en la tarde en las canaletas. Todos los días se revisó, recogió y pesó el rechazo de cada lote cuando lo hubo.

Cada 20 días se pesaron los cerdos con la finalidad de registrar y ajustar tanto la composición de las dietas como su consumo, así como para determinar la ganancia media diaria de peso (GMD).

5.7.- Instalaciones:

Se utilizaron cuatro corraletas de 20.7 m², con bardas de tabique de 1.0 metro de alto y techos de lámina de asbesto y piso de cemento, con pendiente y buen drenaje. Cada corral contó con tres divisiones internas, en uno se utilizaron tres comederos de tolva y en los otros dos se colocaron tres comederos en forma de canaleta y tres bebederos de chupón para el suministro de agua.

5.8.- Equipo de medición:

Se utilizó una báscula; una con capacidad de 1000 Kg para el pesaje de los cerdos y alimento respectivamente.

Para la preparación del alimento con tratamiento térmico, se contó con un termómetro de reloj, un tanque abierto de acero inoxidable con capacidad de 500 litros, una base para su soporte, una pala de madera, una carretilla, una manguera de látex, las calderas que se encuentran en el sector de carnes.

La conversión alimenticia (CA) se calculó para los periodos de crecimiento y de engorda. Esta se obtiene dividiendo los kilogramos de alimento totales consumidos entre los kilogramos de peso ganados por los animales durante cada etapa.

De este modo:

$$CA = \frac{\text{consumo total de materia seca por lote (kg MS)}}{\text{Peso vivo total ganado por lote (kg PV)}}$$

$$PV \text{ totales ganados (kg PV)} = \sum \text{kg PV final etapa} - \sum \text{kg PV inicio etapa}$$

La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se calcula a la inversa de la CA:

$$ECA = \frac{\text{PV total ganado por lote (kg PV)}}{\text{Consumo total de materia seca por lote (kg MS)}}$$

También se calculó la ganancia diaria de peso (GDP) como:

$$GDP(\text{kg PV/día}) = \frac{\text{PV promedio final etapa (kg PV)} - \text{PV promedio inicio etapa (kg PV)}}{\text{Nº días de duración etapa}}$$

El consumo diario de alimento (CDA) se calculó como el consumo diario promedio de cada lote, el cual se obtiene dividiendo el suministro diario de alimento entre el total de animales vivos del lote. En este trabajo no hubo bajas por mortalidad.

5.9.-Localización del área de trabajo:

El trabajo se realizó en el Sector de producción de cerdos de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicada en el Km. 9,5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro del municipio de Tarímbaro, a una altura de 1860 msnm, con una precipitación pluvial anual de 777,5 mm³ y una temperatura media de 18°C.

5.10.-Análisis Estadístico.

Se hizo un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones por tratamiento y cuatro animales por repetición (dos machos y dos hembras).

Las variables se compararon mediante una prueba de T para observaciones independientes e igual varianza, de acuerdo al modelo:

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

Donde:

Y_{ij} representa el valor de una observación (v.gr. consumo de alimento, ganancia de peso, etc.).

μ representa el efecto común general para todas las observaciones.

T_i representa el efecto del tratamiento del alimento.

e_{ijk} representa el efecto aleatorio asociado a cada observación.

Los análisis económicos del experimento integran tanto el costo de producción por kilo de peso producido por concepto de alimentación, como el costo de la implementación de la técnica de tratamiento térmico (costo hora/hombre) así como el efecto en la eficiencia alimenticia por el tratamiento.

Para el análisis estadístico, se utilizó el software SAS, (1997).

6.- Resultados y Discusión.



En el cuadro A y Figura 1 se presentan los resultados del peso vivo de los animales por tratamiento; en la etapa de crecimiento no hubo diferencias significativas, ya que iniciaron con peso similar y se mantuvo la igualdad hasta las cinco semanas de experimentación. Las diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) por efecto del tratamiento inician a partir de la sexta semana. Así, se puede ver que al final del experimento la diferencia en la ganancia de peso acumulada fue de 9.4 kg en favor de T2, alcanzando los 103.50 ± 3.587 kg en catorce semanas vs T1 que alcanzaron el peso de 102.66 ± 2.899 kg en quince semanas.

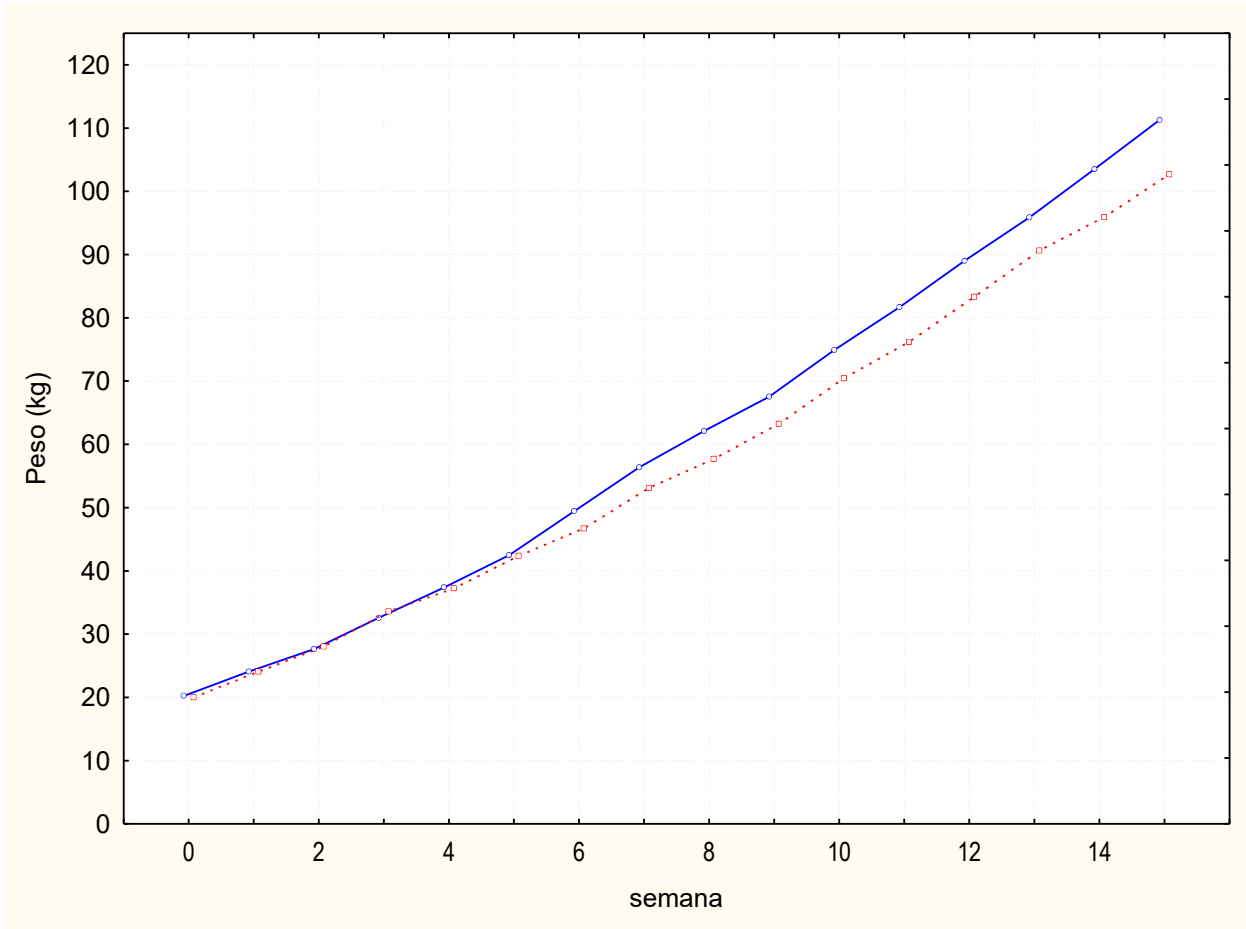
Cuadro A.- Promedios de los pesos semanales registrados con cada tratamiento.

Semana	T1.- Alimento normal		T2.- Alimento tratado térmicamente	
	Media	D.S.	Media	D.S.
6	46.67	$\pm 2.5^b$	49.42	$\pm 2.5^a$
7	53.08	$\pm 1.7^b$	56.38	$\pm 1.8^a$
8	57.71	$\pm 2.7^b$	62.13	$\pm 2.0^a$
9	63.25	$\pm 2.5^b$	67.54	$\pm 2.1^a$
10	70.46	$\pm 2.8^b$	74.92	$\pm 2.1^a$
11	76.21	$\pm 2.9^b$	81.67	$\pm 2.9^a$
12	83.29	$\pm 3.2^b$	89.00	$\pm 2.9^a$
13	90.67	$\pm 2.6^b$	95.87	$\pm 3.0^a$
14	95.92	$\pm 1.9^b$	103.50	$\pm 3.6^a$
15	102.66	$\pm 2.9^b$	111.29	$\pm 3.9^a$

^{a,b} letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.0001$)

d.s. = Desviación estándar de la media.

Figura 1.- Curva de crecimiento en cerdos alimentados con una dieta con alimento normal  y un alimento tratado térmicamente .



Con relación a la ganancia de peso semanal, los datos del cuadro B y esquematizado en la Fig.2, los tratamientos aunque no tienen consistencia lineal en ese factor, se resume finalmente en un ahorro de siete días para alcanzar el peso al mercado ($p < 0.001$) a favor del T2.

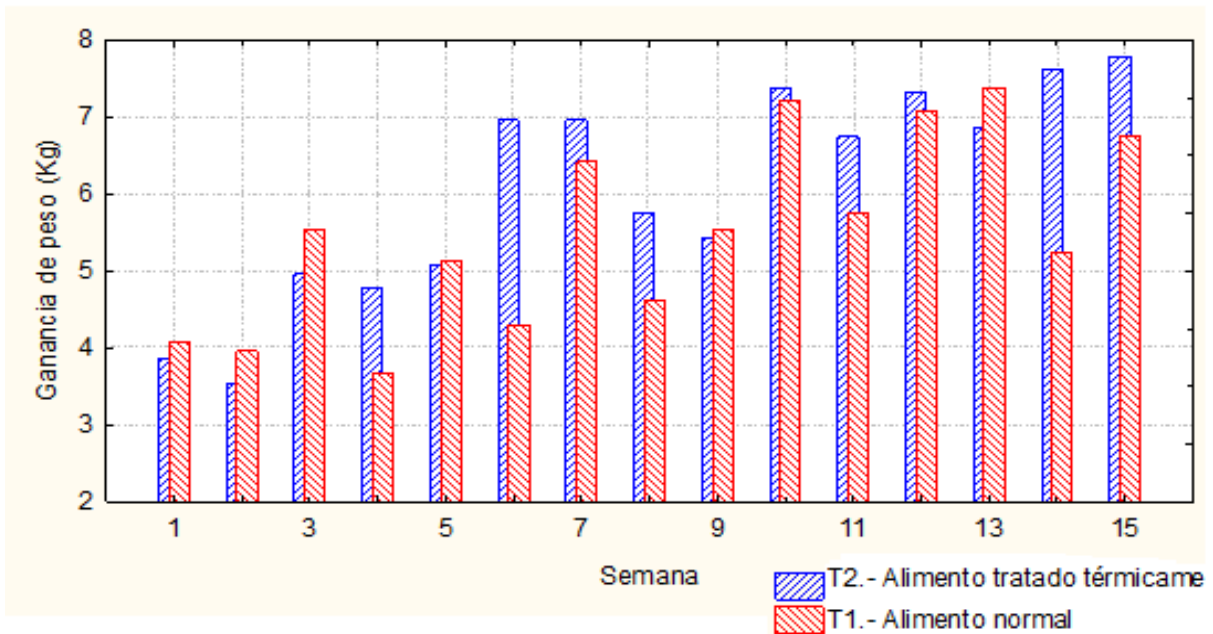
Cuadro B.- Ganancia de peso semanal por tratamiento.

	T1.- Alimento normal		T2.- Alimento tratado térmicamente	
semana	Media	D.S.	Media	D.S.
1	3.85	± 1.2 ^a	4.08	± 1.4 ^a
2	3.54	± 1.0 ^a	3.95	± 1.1 ^a
3	4.95	± 1.3 ^a	5.54	± 1.2 ^a
4	4.79	± 1.1 ^b	3.66	± 0.9 ^a
5	5.08	± 1.2 ^a	5.12	± 0.8 ^a
6	6.95	± 2.6 ^b	4.29	± 2.5 ^a
7	6.95	± 1.9 ^a	6.41	± 2.7 ^a
8	5.75	± 2.0 ^b	4.62	± 1.7 ^a
9	5.41	± 2.0 ^a	5.54	± 1.8 ^a
10	7.37	± 2.5 ^a	7.20	± 1.5 ^a
11	6.75	± 1.4 ^a	5.75	± 2.1 ^a
12	7.33	± 1.8 ^a	7.08	± 1.0 ^a
13	6.87	± 2.8 ^a	7.37	± 1.0 ^a
14	7.62	± 2.7 ^b	5.25	± 1.6 ^a
15	7.79	± 2.6 ^a	6.75	± 1.2 ^a

^{a,b} letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.001$).

d.s. = Desviación estándar de la media

Figura 2.- Gráfica de las ganancias de peso semanales por tratamiento.



En el Cuadro C se aprecian los consumos totales promedio por cerdo en cada tratamiento, resultando en una disminución altamente significativa ($p < 0.001$) en favor del T2, manifestándose como un ahorro en el consumo de alimento de un 19% frente al lote T1 (testigo).

Cuadro C.- Consumos totales promedios de alimento por cerdo.

	T1.- Alimento normal		T2.- Alimento tratado térmicamente	
Periodo	Media	D.S.	Media	D.S.
5 semanas	42.33	$\pm 0.15^b$	49.00	$\pm 0.15^a$
10 semanas	105.50	$\pm 0.08^b$	70.00	$\pm 0.08^a$
15 semanas	105.58	$\pm 0.20^b$	87.50	$\pm 0.20^a$
General	253.42	$\pm 0.15^b$	206.50	$\pm 0.15^a$

a,b letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.001$).

La conversión alimenticia es junto con la eficiencia alimenticia, las dos mediciones que en el aspecto de costos de producción tienen mayor incidencia en el resultado de eficiencia económica y rentabilidad. De este modo el análisis de este factor muestra en el Cuadro D diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en favor del T2 y que se traduce en un ahorro porcentual de alrededor del 19%. Lo cual coincide con el resultado analizado anteriormente.

Cuadro D.- Conversión alimenticia por periodo y general en T1 vs T2.

Tratamiento	5 semanas	10 semanas	14 semanas	15 semanas	General
T1.- Alimento normal	2.331 ± 0.2^b	3.809 ± 0.4^b		3.340 ± 0.4^b	3.231 ± 0.1^b
T2.- Alimento tratado térmicamente	2.676 ± 0.1^a	2.709 ± 0.1^a	2.422 ± 0.2^a		2.573 ± 0.1^a

a,b letras diferentes entre filas indican diferencias significativas ($p < 0.001$).

En los cuadros **D y E** se establecen los resultados económicos de la implementación del tratamiento térmico al alimento; como se puede observar, el ahorro en el costo de alimento como efecto del tratamiento.

Cuadro E.- Consumo de alimento por etapas.

Consumo de alimento por etapas.			
Etapas	T1.- Alimento normal (\$)	T2.- Alimento tratado térmicamente (\$)	Precio por (kg) (\$)
20-50	42.33	49.00	5.01
50-80	105.5	70.00	5.03
80- 100	105.58	87.50	5.03

Cuadro F.- Costo del alimentación T1 vs T2

Costo del alimentación (Pesos mexicanos)		
Etapas	T1.- Alimento normal (\$)	T2.- Alimento tratado térmicamente (\$)
20-50	212.07	245.49
50-80	530.67	352.10
80- 100	531.07	440.13
Mano de obra	-	25.52
Gas	-	19.06
Total	1,273.81	1,082.29
		191.51
	Ahorro porcentual	15.03 %

Cuadro G.- Costo de producción por tratamiento T1 vs T2.

Costo de producción por tratamiento		
	T1	T2
Peso inicial	20	20.23
Peso final	102.66	103.5
Kilos producidos para finalización	82.66	83.27
Costo por kg producido pv	15.41	13.00
Ahorro económico por kg/pv		15.64 %

pv= Peso vivo

7.- Discusión.

Este trabajo se realizó con cerdos lotificados de manera homogénea, tanto en peso como sexo, pudiendo determinar que los resultados obtenidos tuvieron una alta significación por efecto del tratamiento térmico al alimento compuesto ofrecido ($p < 0.001$). Al comparar los resultados productivos obtenidos con trabajos previos se puede ver que hay consistencia en la mejoría en los parámetros productivos encontrados en ellos; sin embargo como en el caso de los resultados obtenidos en otro trabajo cuando se utilizó un alimento compuesto de sorgo y un suplemento proteico comercial al 36% de proteína cruda (González y Espino, 2009), los consumos de alimento total fueron altos de 320 kg vs 278 kg en cerdos de 10 a 100 kg de peso vivo y una conversión alimenticia 3.38 vs 3.02 cuando se ofreció el mismo alimento *ad libitum* vs a uno tratado térmicamente. Igualmente, para cuando se usó el tratamiento térmico al sorgo y su posterior mezclado con los suplementos proteicos, ya sea en la engorda de cerdos, como en las cerdas lactantes (Chávez, R *et al.*, 2006¹) (Chávez, R *et al.*, 2006²), se encontraron resultados muy similares en el mejoramiento de los parámetros productivos medidos en este trabajo, coincidiendo porcentualmente estas mejorías tanto en las de carácter productivo como de tipo económico.

Los resultados de este trabajo tienen una significación importante, pues como se señaló en la introducción, la porcicultura es una actividad cada vez más competitiva e insertada en un entorno globalizado que obliga a la búsqueda de alternativas que le den viabilidad económica y la hagan competitiva.

De los resultados obtenidos se puede decir adicionalmente que si bien se encontraron mejorías relativas con el tratamiento térmico del alimento, no debemos dejar de observar que la diferencia de consumos de alimento cuando se han usado suplementos proteicos comerciales vs uno diseñado con un esquema de utilización de ingredientes que garanticen calidad es muy considerable, lo que puede ser indicativo de que comercialmente no siempre nos dan las empresas comerciales lo

que nos ofrecen en el etiquetado, pero que puede ser motivo de trabajos de exploración posterior.

Braude *et al.* (1967) y Medel y Fuentetaja (1998) señalaron las desventajas de la restricción; puede afectar la tasa de la GMD, cuando esta restricción es cercana al 15% o más (Peraza, 1972; citado por Mondragón, 1973) el animal puede quedar en desventaja al no poder ingerir los mismos nutrientes que los que lo hacen *ad libitum*, En los datos generados en este trabajo, al parecer no hubo dicha desventaja en la GMD entre los tratamientos, pero sí coincide con lo que señalado por García (1982), quien sostiene que la restricción puede significar una mejoría en la CA.

En 1972 Braude, comparó entre alimentación restringida y *ad libitum* en climas templados y coincidió con esta tesis. Arán en 2005 cuando utilizó la alimentación líquida, observó beneficios interesantes a tal grado que en el caso de esta opción parece ser ya una tendencia en algunos países europeos.

En esta investigación el consumo total de alimento, está muy cercano a lo que se considera como óptimo en la explotación moderna del cerdo y se puede considerar como aceptable (Meade, 1980).

En la actualidad se considera que un cerdo necesita entre 235 y 270 kg de alimento para terminar su periodo de engorda a los 100 kg. Obviamente bajo un esquema de trabajo con animales de genética superior, instalaciones óptimas, buena salud, alimento de buena calidad y manejo eficiente (Widdowson, 1980). En este trabajo los datos obtenidos muestran que los consumos son muy cercanos a ese ideal de tiempos muy recientes, aunque en la actualidad seguramente ya habrán superado esos esquemas.

8.- Conclusiones.

1.- El tratamiento térmico a un alimento para cerdos mostró ventajas en la Conversión Alimenticia frente al mismo alimento sin tratar y que fue suministrado *ad libitum* y ($P>0.001$), hasta un 19.0%

2.- En la GMD aunque se observaron diferencias significativas ($p<0.001$) en algunas semanas en favor de los lotes con alimento tratado térmicamente, en realidad lo que se pretendió en el planteamiento del trabajo fue una reducción del consumo; sin embargo sí hubo un efecto positivo a favor de éste, con un ahorro de siete días para llegar la peso de mercado vs el lote testigo. Estos días pueden valorarse también desde el punto de vista económico, ya que son días de ahorro de mano de obra y de hacer más óptimo el uso de las instalaciones porcinas.

3.- Se demostró que el tratamiento térmico de una dieta para cerdos en crecimiento-finalización significa un ahorro económico cercano al 15%, lo que en las condiciones actuales de explotación y globalización representa una ventaja para el logro de una actividad rentable y viable.

4.- La implementación de la técnica del tratamiento térmico, representa un costo adicional; sin embargo, el análisis de los costos demuestra que se mantiene bajo un esquema de rentabilidad y, adicionalmente el usar menos alimento para el logro del objetivo de llevar un cerdo a los cien kilos de peso vivo, representa un acierto desde el punto de vista de sustentabilidad, pues se hace un uso más óptimo de los recursos alimentarios, aumentando la eficiencia alimenticia de los cerdos.

9.- Bibliografía

- Arán, F. (2005) International Pig Topics. 20(6):13-15
- Brent, G. 2000. Producción porcina. 1ra Edición. Editorial manual moderno. México. Pp233-237.
- Buxadé, C. (1998) Perspectivas do Mercado Mundial do Sector Porcino. VI Congreso Iberoamericano de Porcicultura. III Congreso Nacional de Suinicultura. Estoril, Portugal.
- Buxadé, C. (2000) Perspectivas de la P.A.C. ante la globalización; su aplicación al Subsector Porcino. Puebla- México. Mayo, 2000.
- Campabadal, C.M. (1992) Importancia de la Energía de Alimentación de cerdas lactantes. Asociación Americana de la soya. ASA/MEXICO A.N. No. 113.
- 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.
- Chávez, R. L.R., González, M. F., Pedrizco, P. I., Valdovinos, Ch. J. A., Ortega G. R.¹ (2006) Comportamiento Productivo de Cerdas en Lactancia como Efecto de un Tratamiento Térmico (cocción) al Sorgo de la Dieta. Seminario Internacional Porcicultura Tropical. La Habana. Versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959-0282-25-3
- Chávez, R. L. R., Adame, E., Toriche, V., Calderón, O. O., Sánchez, P.V. y Garcidueñas, P.R.² (2006) Evaluación del Comportamiento Productivo de Cerdos en Engorda con una Dieta Sometida a Tratamiento Térmico (cocción). Seminario Internacional Porcicultura Tropical. La Habana. Versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959-0282-25-3

- Cisneros G. F. (2000) Factores que Limitan el Consumo de Alimento en Cerdos. Los Porcicultores y su Entorno. Publicación Bimestral. Año 3. no. 17. p. 4-11.
- Cohen, R.S. y Tanksley, T.D. 1973. Energy and protein digestibility of sorghum grain with different endosperm texture and starch types by growing swine. Journal of Animal Science, 25:181-184
- Cuarón I. J. A. "Centro Nacional de Investigación en Fisiología Mejoramiento Animal, INIFAP (México). Agrupación de Consultores en Tecnología del Cerdo (Argentina) [Consulta en línea 6 de Enero 2012 [<http://www.vetefarm.com/nota.asp?not=544&sec=8&i=es>].
- Edwin, T.M., (1985) Bioquímica. Publicaciones Culturales, México, D.F. pp 11-26.
- English, R. P. (1990) En: La Cerda, Como Mejorar su Productividad. edit. El Manual Moderno. México, D.F.
- English, R. P.; Fowler, R.; Raxter S. y Smith W. J. (1992). En: Crecimiento y Finalización del Cerdo. edit. El Manual Moderno. México, D.F.
- FAO. (1980) Los Carbohidratos en la alimentación Humana. Roma. pp. 25-52.
- FAO. (2004) Anuario de Producción. Faostat. ONU.
- Frandsen, R.D. (1988) Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. Ed. Interamericana. México, D.F. pp. 288-313.
- Fuller, M. F. 1994. Sex differences in the nutrition and growth of pigs. In Rescet advaces in animal nitrition. Studies in the agricultural and Animal Nutrition. Ed. Butterworths. Haresing, W. London, Boston. pp. 157-169.
- García, D.J. (1990) Evaluación del Daño al Valor Proteico de los Alimentos Empleados en la Nutrición Animal. Tesis. Departamento de Zootecnia, Chapingo, México.

- Guyton, A.C. (1991) Tratado de Fisiología Médica. Ed. Interamericana. España. pp. 760-761.
- Hale, F. y Lyman, C.M. 1961. Lysine supplementation of sorghum grain-cottonseed meal rations for growing-fattening pigs. *Journal of Animal Science*, 20:734-736
- Haron, F.E. y Marie, F.H. 1946. A study of sorghum and sorghum starches. *Cereal Chemistry*, 28:492-402
- Hesby, H. y Blum, S. 1975. Evaluation of soybean meal and lysine supplemented sorghum diets for lactating sows. In: Texas Animal and Agriculture Conference. Houston, p 78
- Hillier, J.C., Martin, J.J. y Waller, G.R. 1959. Grain sorghum as a feed for swine. In: Feeder's Day Report. Oklahoma Agricultural Experiment Station, p 38-43
- Hopkins, J. R. y Chairman. 1997. Has been produced by the nutrition chemist's publications committee. 9:2-14.
- Kato, M. L. (1995) La Producción Porcícola en México: Contribución al Desarrollo de una Visión Integral. UAM-UMSNH.
- Magowan, E. (2005) Test compares feeder choices. *Pig International*. 8(35):34-35.
- Maynard. L. A., K. John. F. Harold. B. S. Hintz. G. Richard. B. S. Warner. 1998. Nutrition Animal. Ed. Calypso, S. A. México. Pp. 446-460.
- NRC, (1998) Nutrition of Swine.
- Olliver, L. 1977. An asverse effect of mixing the sexes during group fattening of pigs. *Animal Breeding Abstracts*. 1978. 46 (1):578.

Pérez Espejo R. (2002) Aspectos económico ambientales de la ganadería en México. El caso de la porcicultura en la región de La Piedad, Mich”, Tesis de doctorado. s/p FMVZ, UNAM. México.

Pomar C. y P. J. Dit Bailleul. “Determinación de las necesidades de los cerdos de engorde: Limites de los métodos actuales”. <www.veternet/lycos.es/veternet> [consulta 29 de diciembre 2011].

Rose S. P., Fuller M. F. 1994. Choice – feeding systems for pigs. The rowett Tesearch Institute; Greenburg, Bucksburn AB2 a5B, UK.

SAS. 1997. User’s guide: statistics. Statistical Analysis System (SAS) Insititute. Version 6.12. Cary, versión electrónica

Shimada M. A. (2003) Nutrición Animal. Ed. Trillas. México D. F. p.p 64-76.

Sisodia, B.S., Apte, B.G. Apte y Solankey, B.S. 1979. Note on the tannin, protein and starch contents of some sorghum varieties Indian Journal of Agricultural Science, 49:135-136.

Skiba-G; Fandrejewski-H; Raj-S; Weremko-d. 2002, “ The influence of previous protein or energy retraction of young pigs on their daily gain composition”, Journal-of-Animal-and-Feed-SCIENCES., 11: 2, 299-308.

Whittemore., C. T. y Elsey F. W. H. 1978. Producción practica del cerdo. Ed. Aedos, Barcelona (España). Pp. 79-114.

Anexos

Tabla 1.- Formulación de alimento para las etapas productivas.

	Crecimiento	Desarrollo	Finalizador
	De los 20 kg. a los 50 kg de peso	De los 50 kg. a los 80 kg de peso	De los 80 kg. a los 110 kg de peso
Sorgo	700	700	700
P. de Soya	250	250	220
Salvado	50	50	50
Sebo	20	26	26
Lisina	0.6	0.6	0.6
C. de Calcio	8	8	8
Ortofosfato	3	3	3
Sal	6	6	6
Vitaminas	0.7	0.7	0.7
Colina	3	3	3
Minerales	0.8	0.8	0.8
Saborizante	1	1	1
Roninzime	0.3	0.3	0.3
Aplucina	0.12	0.12	0.12
Finadine	0.1	0.1	0.1
Aflorac	0.5	0.5	0.5
Contenido de P.C %	19.5	16.5	16.5

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

Peso	Etapas	Consumokg/día)	Ganancia(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

(Promaret *al.* 2004)

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

Crecimiento				
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
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)

Cuadro 4. Peso corporal esperado de acuerdo a las semanas de edad.

Edad semanas	Peso kg.
4	6.5
8	15
12	27
16	42
20	60
24	90

(Castro, 1999).

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso

Peso (kg)	Ganancia esperada (kg)
1-5	0.200
5-10	0.250
10-20	0.450
20-50	0.700
50-110	0.820

(Castro, 1999).

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

		Dieta		Consumo/ED		Consumo/EM		Consumo kg
	PC%	ED	EM	estimado/día	GMD	estimado/día	estimado/día	
3-5 kg	26	3400	3265	855		820		0.250
5-10 kg	23.7	3400	3265	1690	150	1620		0.500
10-20 kg	20.9	3400	3265	3400	220	3265		1.000
20-50	18	3400	3265	6305	500	6050		1.855
50-80	15.5	3400	3265	8760	750	8410		2.575
80-120	13.2	3400	3265	10450	850	10030		3.075

Pv = Peso Vivo ED= Energía Digestible EM=Energía Metabolizable GMD=Ganancia Media Diaria de Peso (NRC,1998)

El primer objetivo de la alimentación deberá alcanzar las velocidades de crecimiento que se muestran (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	900-1000
22-26	870-900

(Brent, 2000)

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

Edad en días	Edad en semanas	Peso Kg	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	9.670	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	1.769
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	105.94	1.053	7.37	26.719	275.169	3.62	2.646