UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

ANÁLISIS RETROSPECTIVO DEL EFECTO DEL CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA Y DE LA SOMATOTROPINA PORCINA SOBRE LA GANANCIA DIARIA DE PESO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

EDGAR JOSUE PADILLA MARTÍNEZ

Asesores:

MVZ, MPA, PhD María Elena Trujillo Ortega
MVZ, Mc Miguel Robles Bárcena

México, D. F. 2006

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

"A mis padres, por estar ahí y confiar en que todo esto podía ser posible…"

"A mi hermana, por sus sabios consejos…"

"A Leslie, por su apoyo y confianza…"

"A todos mis profesores, por su gran apoyo y sabios consejos…"

"A la UNAM y para la UNAM, por permitirme ejercer de manera real
la medicina veterinaria…"

AGRADECIMIENTO

“A mis padres, quienes me infundieron la ética y el rigor
que guían mi transitar por la vida…”

“A mi hermana, por su gran apoyo y confianza
durante todo mi caminar…”

“A la Dra. Ma. Elena Trujillo, por su valioso apoyo
durante la redacción de la tesis…”

"Al Dr. Miguel Robles, por su apoyo incondicional…”

“Al Dr. Víctor Martínez y a la granja la Joya,
por su gran hospitalidad y apoyo…”

“A los Drs. Javier Flores, Gerardo Ramírez, Jesús M. Cortez y Roberto Martínez
por estar siempre presentes…”

“A todos mis profesores, por darme la herramienta de pensar
y ejercer el pensamiento…”

“A la UNAM, por hacer de mi un hombre de provecho…”

CONTENIDO

Página

RESUMEN……..……. 1

INTRODUCCIÓN……..…….. 3

MATERIAL Y MÉTODOS……..……..... 15

RESULTADOS…….……. 18

DISCUSIÓN…….…..... 21

CONCLUSIONES…….. 24

CUADROS……. 25

REFERENCIAS…….…… 27

RESUMEN

PADILLA MARTÍNEZ EDGAR JOSUE. Análisis retrospectivo del efecto del clorhidrato de ractopamina y de la somatotropina porcina sobre la ganancia diaria de peso. (Bajo la dirección del MVZ, MPA, PhD Maria Elena Trujillo y MVZ, Mc Miguel Robles Bárcena).

La alimentación de los seres humanos es actualmente el reto más importante a cubrir, ya que existe un incremento en la demanda por parte de los consumidores, exigiendo mayor calidad y cantidad de alimentos. La producción porcina ha hecho uso de varias tecnologías que le permiten lograr una mayor producción en menor tiempo. Desde los años 50's es común la aplicación de sustancias exógenas, probióticos, enzimas, antibióticos y agentes antimicrobianos, entre otros. Hoy en día se utilizan agentes modificadores del metabolismo, como las hormonas y los fármacos beta adrenérgicos, lo que permite mejorar la asimilación de los alimentos. De esta forma se evaluó la ganancia diaria de peso en cerdos en una granja de ciclo completo ubicada en el municipio de Atlixco en el Estado de Puebla, en las coordenadas 18° 52´ N y 98° 28´ W. Se utilizaron los registros de 120 lotes de animales divididos en 4 grupos (0, 1, 2, 3) con 30 lotes cada uno; cada lote contó con 500 cerdos en promedio. Al grupo control (grupo 0) no se le aplicó tratamiento; mientras que el grupo 1 fue tratado con somatotropina porcina (intramuscular), y los grupo 2 y 3 se trataron con clorhidrato de ractopamina a 5 y 10 ppm respectivamente.

Todos los tratamientos se administraron durante los últimos 30-40 días de la engorda; a partir de los 65 kg de peso vivo. Observándose diferencia ($P<0.01$) en la ganancia diaria de peso en los animales de los grupos 2 y 3, así como en la edad para alcanzar el peso final. Por lo que se puede concluir que al utilizar 10 ppm de clorhidrato de ractopamina se obtienen los mejores beneficios.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción porcina es una industria altamente competitiva; debido a las políticas de mercado implementadas en los últimos años. En este contexto de producción, la eficacia económica es el elemento más importante para asegurar la rentabilidad de las granjas porcinas a largo plazo.[1]

En los sistemas de producción porcina, cerca del 75% de los alimentos son consumidos durante la fase de engorda. Así mismo, la alimentación representa la mayor parte de los costos totales de la producción. Por este motivo, es importante precisar las necesidades nutritivas y promover mejores combinaciones de nutrientes, así como el desarrollo de aditivos que incrementen el nivel de producción en los animales; favoreciendo su rápido crecimiento mediante el uso de substancias promotoras del crecimiento, para ello existen promotores de crecimiento anabolizantes, los cuales se dividen en compuestos hormonales, (hormona de crecimiento ó somatotropina porcina, esteroides naturales y sintéticos) y en agentes de reparto ó agonistas b-adrenérgicos (clorhidrato de ractopamina, zilpaterol y clembuterol).[1,2]

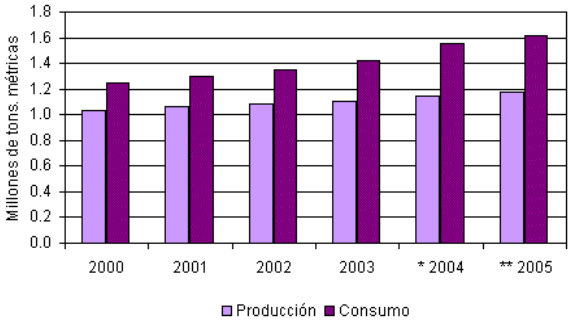
Actualmente los sistemas de producción buscan eficientizar la producción animal,

dividiendo así a las granjas porcinas en; granjas productoras de pie de cría, granjas productoras de lechones, granjas engordadoras y finalmente granjas de ciclo completo; las cuales cuentan con su propio pie de cría, y de esta forma los lechones nacen en la misma granja en donde son criados y engordados para luego ser enviados al rastro.[1,3]

Revisión de literatura

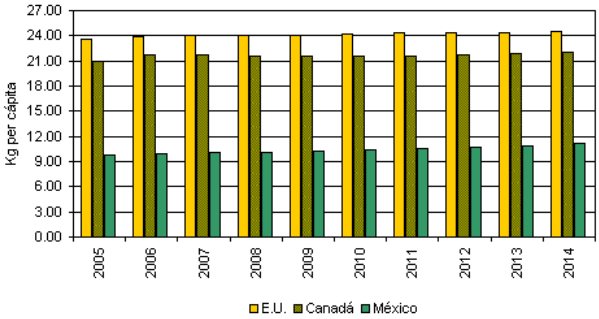
A nivel mundial, la producción de carne de cerdo representa el 26% del total de la proteína de origen animal que se consume. En México la producción de carne de cerdo es de 1.18 millones de toneladas métricas (Fig.1). Las proyecciones (2005-2014) hechas por la Organización para el Desarrollo y Cooperación Económica (OECD) y por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indican que el consumo per cápita de carne de cerdo en México aumentará de 9.70 a 11.20 Kg, por lo que la industria tendrá que enfrentar este aumento con una mayor producción, eficiencia en el manejo, y mercadeo de los productos de origen porcino, para no depender de la importación de carne y productos procesados de cerdo (Fig. 2).[1,4,5]

Fig. 1 Producción y consumo de carne de cerdo en México (2000-2005)
(Millones de Tons. métricas)



Fuente: USDA

Fig. 2 Proyección del consumo per cápita de carne de cerdo en México (2005-2014) (Kg per cápita)



Fuente: OECD y FAO

(5)

Los esfuerzos constantes para aumentar la eficiencia, calidad y producción de carne de cerdo al menor costo posible, han llevado a la búsqueda de mejores combinaciones de nutrientes y al desarrollo de aditivos que incrementen el nivel de producción en los animales. Estos esfuerzos han llevado al uso de substancias promotoras del crecimiento, incluyendo antibióticos y agentes antimicrobianos que mantienen a los agentes patógenos bajo control y previenen la degradación de nutrientes por bacterias. También se han utilizado enzimas que ayudan en la digestión de ciertos alimentos, lo que promueve un mejor aprovechamiento de las raciones, así como probióticos, que son microorganismos benéficos que se multiplican en el aparato digestivo para conformar una flora intestinal favorable. Otros aditivos incluyen a los ácidos orgánicos que ayudan a una adecuada acidificación estomacal, finalmente se han utilizado agentes modificadores del metabolismo, como las hormonas y los fármacos beta adrenérgicos.[4,6,7,8]

En el grupo de los agonistas b-adrenérgicos anabolizantes se encuentran fármacos como el clembuterol, cimaterol, salbutamol, zilpaterol y ractopamina; que se han utilizado a lo largo de los años para inducir el crecimiento de la masa muscular y disminuir la

deposición grasa. Además existen otros fármacos pertenecientes a este grupo que no son tan utilizados; como el Isoprofenerol, albuterol, fenoterol, metaprofenerol, terbutalina y dobutamina. [9,10]

En el grupo de los agonistas fisiológicos beta adrenérgicos se encuentran la epinefrina y la norepinefrina. La norepinefrina constituye una catecolamina del grupo de las fenetanolaminas, también es considerada como un neurotransmisor del sistema nervioso simpático, que se biosintetiza a partir de la tirosina y circula en el suero en

concentraciones relativamente elevadas. La epinefrina perteneciente al mismo grupo, se sintetiza y secreta en la médula adrenal; circula en menores concentraciones que la norepinefrina, pero en situaciones de estrés responde en mayor proporción que la norepinefrina. La norepinefrina es más selectiva de receptores alfa y la epinefrina actúa sobre ambos (receptores alfa y beta), pero con mayor selectividad hacia los receptores beta, con un efecto dominante sobre receptores alfa. Los receptores beta adrenérgicos están presentes en la mayoría de las células de los mamíferos, aunque la distribución de los subtipos B_1, B_2, B_3 y la producción de cada uno, varia entre tejidos de una especie dada.[9,10]

Clorhidrato de clembuterol

El clembuterol es capaz de aumentar el rendimiento en canal, pero es peligroso para la

salud pública y representa un acto ilegal. No obstante, debe destacarse que este; no es potencialmente oncogénico ni mutagénico y es embriotóxico sólo a grandes dosis. Se considera al clembuterol como un potente broncodilatador, anabólico y agente lipolítico. También se le denomina agente de repartición en virtud de que fomenta la producción de proteína y reduce la de grasa. En el ámbito internacional está prohibido su uso como promotor de crecimiento. El clembuterol constituye un miembro de las denominadas fenetanolaminas.[10]

(7)

Clorhidrato de zilpaterol

Este promotor del rendimiento no esteroidal se ha utilizado abundantemente en los últimos años, el mecanismo de acción consiste en la estimulación de los receptores beta adrenérgicos de las células corporales, específicamente en el tejido muscular, promoviendo la síntesis de proteína e hipertrofia celular, inhibiendo la proteólisis, mientras que en el tejido adiposo promueve la lipólisis, lo cual se ve reflejado en el incremento de la masa muscular y la disminución de la deposición grasa.[11]

Clorhidrato de ractopamina

El clorhidrato de ractopamina es un promotor de crecimiento anabolizante; además es un agonista b-adrenérgico perteneciente al grupo de las fenetanolaminas, que tiene como finalidad proporcionar mayor crecimiento muscular y menor deposición de grasa.

Cuando el clorhidrato de ractopamina es absorbido en sangre, es transportado hacia tejidos musculares; provocando la redistribución de los nutrientes para el sustento de la síntesis de proteína muscular. Esto ocurre después de que el clorhidrato de ractopamina se une a receptores específicos b-adrenérgicos a nivel de las membranas celulares de los músculos, dando la señal para la activación enzimática.[12,13,14,15,16,17,18,19]

Las enzimas activadas promueven la liberación de glucosa para que llegue a los tejidos periféricos, lo que favorece el transporte de aminoácidos al músculo. En consecuencia, se induce el gasto energético, y de esta manera a nivel del tejido adiposo, se bloquea la absorción de glucosa y se induce la lipólisis, permitiendo el uso de glucosa para el

metabolismo y síntesis de proteína en el músculo esquelético, dando la disminución de la deposición grasa. [20,21,22,23,24,25,26,27,28]

La llegada de glucosa y aminoácidos a las células musculares; provoca un aumento en la síntesis de proteína y finalmente la hipertrofia de las fibras musculares, sobre todo en el tejido muscular estriado, favoreciendo el crecimiento muscular; muy parecido al que se induce por el ejercicio en individuos adultos. El número de fibras musculares se mantiene, pero el tamaño o diámetro de las fibras musculares se incrementa, ocasionando el aumento de la masa muscular. [18,21,26,29,30,31,32,33]

En las membranas de las células musculares se incrementa el proceso de síntesis

proteica en un 30%, mientras que las grasas son degradadas en un 6%, lo que provoca el aumento del tamaño de las fibras musculares.[15,16,20,34,35,36,37,38,39,40]

El clorhidrato de ractopamina es metabolizado y excretado rápidamente al medio ambiente, en donde es biodegradado convirtiéndose en CO_2 y otros materiales orgánicos, o bien es fotodegradado impidiendo que se acumule en el agua.[20,21,22,23,32,41,42,43,44,45,46]

Algunos estudios demuestran que el uso de 10 ppm de clorhidrato de ractopamina incrementa la ganancia diaria de peso y mejora la eficiencia alimenticia.
(Carr *et al*., 2005). Otros estudios indican que la conversión alimenticia aumenta en forma gradual conforme la eficiencia alimenticia y la ganancia diaria de peso aumentan. (See *et al*., 2004). Resultados obtenidos en diversos estudios (Watkins *et al*., 1990 y

Jones *et al*., 2000) demuestran un claro incremento en la ganancia diaria de peso al utilizar 5 y 10 ppm de clorhidrato de ractopamina, mientras que otros autores mencionan que se obtienen mejores ganancias diarias de peso si se administra clorhidrato de ractopamina y se incrementa el aporte de lisina.[33,47,48,49,50,51,52]

En términos generales, los efectos que se esperan al utilizar clorhidrato de ractopamina son: el aumento de la ganancia diaria de peso del 7 al 15%, reducción del consumo voluntario de alimento del 2 al 5%, mejora en la eficiencia alimenticia del 20%,

incremento en el crecimiento magro, virtualmente del 50%, durante el período de uso del aditivo y la reducción de la grasa corporal.[53]

Por otro lado; existen otros compuestos que se han utilizado desde los años 80's, entre ellos se encuentra la somatotropina porcina, la cual ha sido utilizada en forma similar al clorhidrato de ractopamina.

Somatotropina porcina

En los últimos 20 años se han desarrollado numerosos compuestos conocidos como modificadores del metabolismo que permiten la deposición de nutrientes en diferente proporción dentro del organismo del animal. La Hormona del Crecimiento o Somatotropina porcina es una proteína de 191 aminoácidos que pertenece al grupo de los promotores de crecimiento hormonales; induce el crecimiento de casi todos los tejidos del organismo y afecta el metabolismo general estimulando la captación de aminoácidos y la síntesis de proteína; reduciendo su catabolismo. [54,55,56]

(10)

La somatotropina porcina, estimula la lipólisis y disminuye la utilización de glucosa en todo el organismo, provocando la disminución en la deposición grasa. Además; la somatotropina porcina provoca un aumento del tamaño celular y estimula la mitosis, provocando el aumento de la masa muscular. [54,55,56,57,58,59]

La Somatotropina Porcina es la hormona del crecimiento producida naturalmente en la hipófisis anterior de los cerdos y es liberada bajo el control del Sistema Nervioso Central. Las investigaciones sobre el efecto de la somatotropina porcina muestran que es una hormona específica de especie, por lo que la somatotropina porcina es activa únicamente en cerdos, e inactiva en cualquier otra especie. [55,60]

La producción y liberación de la somatotropina en la adenohipófisis, está bajo control hipotalámico a través de la hormona liberadora de somatotropina (GRH) y de la hormona inhibidora de somatotropina (GIH), también conocida como somatostatina. La secreción de las hormonas reguladoras, está a su vez, regulada por factores tales como la concentración de glucosa en la sangre. [57,61,62]

La somatotropina también estimula la síntesis de RNA y proteína, induciendo el crecimiento de los tejidos; en particular, el cartílago y el hueso. El crecimiento tisular estimulado directamente por la somatotropina porcina se produce por un aumento en el número de células, más que por un incremento del tamaño.

Las hormonas tiroideas y la somatotropina porcina trabajan sinérgicamente para promover el crecimiento tisular durante el desarrollo. Los efectos de la somatotropina porcina que favorecen el crecimiento, dependen en gran medida del estado de

desarrollo del animal: el mamífero neonato es relativamente insensible a la hormona del crecimiento, pero se vuelve más sensible a medida de que crece. La somatotropina porcina no sólo estimula directamente la proliferación de las células, sino que también estimula al hígado para producir factores estimulantes del crecimiento, denominados factores de crecimiento parecidos a la insulina (Insulin-like growth factors, IGF) que también actúan sobre las células para estimular el crecimiento. Se conoce poco sobre los receptores celulares de superficie que se unen a la hormona del crecimiento, o sobre las rutas de transmisión intracelular estimulada por la unión de la hormona.[57,61,63]

Algunos efectos metabólicos de la somatotropina porcina son opuestos a los de la insulina. Por ejemplo, induce la movilización de grasa, mientras que la insulina induce la deposición de grasa. La somatotropina porcina estimula la captación de ácidos grasos en el músculo, promoviendo su posterior utilización como fuente de energía. Esta hormona ayuda a conservar los depósitos de glucógeno en músculo al incrementar la utilización de ácidos grasos. [57,61]

Al contrario de la insulina, que provoca una disminución de los niveles de glucosa, la hormona del crecimiento causa una elevación de la glucosa en sangre. La somatotropina porcina contrarresta la hipoglucemia, mientras que la insulina controla la hiperglucemia.

La somatotropina porcina eleva la glucosa sanguínea por tres mecanismos: estimula la gluconeogénesis a partir de lípidos, bloquea la captación de glucosa por otros tejidos

distintos al sistema nervioso y promueve la utilización de los ácidos grasos en lugar de la glucosa. Por lo tanto junto con el glucagón, que estimula la degradación del glucógeno hepático, la somatotropina porcina actúa para mantener los niveles de glucosa en sangre.

La hormona del crecimiento alcanza su máxima concentración plasmática varias horas después de una comida, cuando los suministros inmediatos de energía (glucosa sanguínea, aminoácidos y ácidos grasos) han empezado a disminuir, además la somatotropina estimula la secreción de insulina, directamente a través de su acción sobre las células beta pancreáticas, e indirectamente al elevar los niveles de glucosa plasmática. [61,64,65]

La somatotropina porcina fue identificada en los años 30's, cuando los científicos descubrieron que la velocidad de crecimiento de los animales se incrementaba cuando eran inyectados con extractos de hipófisis, posteriormente fue posible extraer y purificar la somatotropina a partir de hipófisis de cerdos sacrificados. Sin embargo, solo se lograba obtener cantidades muy pequeñas de somatotropina porcina y a un precio muy elevado. [61]

Desde la década de los 50's diversos estudios demostraron que la somatotropina porcina tiene un marcado efecto en el mejoramiento del crecimiento. Su administración aumenta la ganancia de peso y provoca una disminución en la cantidad de alimento requerido para producir un kilogramo de carne.

Hoy en día, la biotecnología ha hecho posible trabajar con DNA, y se ha identificado el gen de la somatotropina porcina, el cual ha sido insertado en *Escherichia coli.* Esta tecnología permite el desarrollo y la producción a gran escala y bajo condiciones controladas, de una somatotropina porcina idéntica a la producida de manera natural en los cerdos. El movimiento de genes de un organismo a otro es llamado Tecnología DNA recombinante, razón por la cual a la somatotropina porcina producida a través de este mecanismo se le conoce como somatotropina porcina recombinante.[53,65,66]

Al utilizar la hormona de crecimiento se incrementa la ganancia diaria de peso 15% y aumenta la eficiencia alimenticia 30%; sin embargo en numerosas ocasiones el consumo de alimento disminuye 14%. (Braña *et al*., 2001). Otros estudios demuestran que la eficiencia alimenticia aumenta 22%, mientras que el consumo alimenticio disminuye 6%. (Etherton *et al*., 1987). Sin embargo existen estudios que demuestran que al utilizar somatotropina porcina en lugares con climas muy calurosos o muy fríos; no se incrementa la ganancia diaria de peso, mientras que el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia no muestran algún cambio significativo (Becker *et al*., 1993).[67,68,69]

Algunos estudios demuestran que al utilizar somatotropina porcina se incrementa entre 17 y 19% la ganancia diaria de peso, la deposición de tejido aumenta 19% y disminuye 22% la deposición grasa (Oliver *et al*., 2003). Con el uso de la somatotropina porcina; la síntesis de proteína y la masa muscular aumentan al igual que la retención de

nitrógeno

y el anabolismo proteico; mientras que el catabolismo de los aminoácidos y la deposición grasa disminuyen (Smith y Kasson *et al*., 1990, Campbell *et al*., 1990, Caperna *et al*., 1991, Beermann y Boyd *et al*., 1992, Dunshea *et al*., 1992, Seve *et al*., 1993, Vann *et al*., 2000, Bush *et al*., 2002).[70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81]

Justificación

Debido a las políticas de mercado implementadas en los últimos años; en la actualidad la producción porcina es una industria altamente competitiva. Por esta razón; es indispensable lograr la rentabilidad de las granjas porcinas de nuestro país; de tal forma que se ha hecho indispensable el uso de aditivos que incrementan el nivel de producción en los animales; favoreciendo su rápido crecimiento, lo cual trae como consecuencia mayores ingresos en menos tiempo y mejoras en la rentabilidad de las empresas porcinas. Por tal razón es de vital importancia el uso de promotores de crecimiento como el clorhidrato de ractopamina y la somatotropina porcina; sin embargo es importante considerar que estos productos solo se deben de utilizar en los últimos 30-40 días de la engorda para obtener mejores resultados; ya que en este momento la tasa de síntesis de proteína muscular declina y la deposición de grasa aumenta, debido a que la energía consumida se destina en una proporción muy importante a la producción de tejido graso y se pierde eficiencia alimenticia, además en este momento se puede

aumentar el peso al sacrificio, sin perder el rendimiento magro. Es importante considerar que en períodos mayores a 35 días la efectividad de estos productos se va perdiendo.[53,67]

Hipótesis

El uso del clorhidrato de ractopamina ofrecerá mayores ventajas en ganancia diaria de peso que la somatotropina porcina.

Objetivo

Evaluar el efecto sobre la ganancia diaria de peso de cada producto en estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

La evaluación del efecto de clorhidrato de ractopamina y somatotropina porcina se realizó en una granja comercial de ciclo completo ubicada en el municipio de Atlixco en el Estado de Puebla, en las coordenadas 18° 52´ N y 98°28´ W, la granja cuenta con una capacidad instalada para 1,500 hembras.

Las medidas de bioseguridad con las que cuenta la granja son diversas; pero entre las más importantes destacan: la presencia de un muro perimetral que rodea toda la explotación, (Fig. 3 y 4) el área de destete se encuentra aproximadamente a un km del área de maternidad y a 800 m del área de engorda; a su vez el área de engorda esta a 800 m del área de gestación; no hay intercambio de personal entre áreas; cuenta con una cuarentena externa; no se permite el paso de vehículos y personal ajeno a la granja; toda

persona que ingresa a la granja se baña previamente y usa indumentaria propia del sitio.

Fig. 3 "Entrada a la granja"

Fig. 4 "Entrada de visitantes"

(16)

La granja cuenta con planta de alimentos; el manejo en las diferentes áreas es bajo el sistema "todo-dentro, todo-fuera" (Fig. 5 y 6) con su respectiva limpieza y desinfección, y además cuenta con una posta con capacidad para 20 sementales de donde se produce la totalidad de las dosis de semen utilizadas en la granja.

Fig. 5 "Instalaciones del área de engorda"

Fig. 6 "Instalaciones lavadas y desinfectadas"

Los animales de engorda son resguardados en 12 naves que miden 30 metros de largo por 13 metros de ancho y 3.20 metros de altura; los techos son en forma de "dos aguas". Cada nave cuenta con 20 corrales, cada uno mide 6 m por 3 m y alberga a 29 cerdos; los corrales cuentan con pisos continuos de slats, bebederos "tipo chupón", comederos tipo tolva con espacio para 5 bocas, y alimentadores automáticos solamente en las engordas 1-8 (Fig. 7 y 8). Semanalmente se venden 500 cerdos finalizados.

Fig. 7 "Naves de engorda"

Fig. 8"Servicios con que cuenta la explotación. Silos"

Animales experimentales

Para el desarrollo de este trabajo, se analizaron los registros de 120 lotes de animales divididos en 4 grupos (0, 1, 2, 3) con 30 lotes cada uno; cada lote contó con 500 cerdos en promedio; teniendo en total 60 mil animales distribuidos en 120 lotes entre los años 2002-2004 (Fig. 9).

Fig. 9 "Corrales de engorda"

Tratamientos

Al grupo control (grupo 0) no se le administró tratamiento, mientras que al grupo 1 se le administró somatotropina porcina a dosis de 5mg / animal (intramuscular), en el

grupo 2 se administró clorhidrato de ractopamina a dosis de 5 ppm (5g / Ton de alimento), mientras que al grupo 3 se administró clorhidrato de ractopamina a dosis de 10 ppm (10g / Ton de alimento). Los tratamientos (clorhidrato de ractopamina y somatotropina porcina) se administraron durante los últimos 30-40 días de la engorda; a partir de los 65 kg de peso vivo.[15,21,22,23]

Variables de estudio

Durante el periodo de evaluación se tomaron en cuenta las siguientes variables: peso inicial, edad inicial, peso a la venta, edad a la venta, tiempo de permanencia, número de animales muertos, porcentaje de mortalidad, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia por tratamiento. Las variables se evaluaron con las pruebas de análisis de varianza y Tukey B; utilizando los programas de cómputo SPSS 12.0 y JMP 5.0.1

RESULTADOS

En el cuadro 1, se puede observar el número de cerdos utilizados en promedio en cada lote, donde para la variable edad inicial; los cerdos de los grupos 2 y 3 fueron más pequeños al compararlos con los cerdos de los grupos 0 y 1. En la variable edad final, se observo que el grupo 0 alcanzo el peso final de 90 kg promedio a los 176 días, mientras que el grupo 1 alcanzo el peso final de 90 kg promedio a los 168 días y finalmente los

grupos 2 y 3 alcanzaron el peso final de 90 kg promedio a los 156 días, es decir, 20 días menos en relación con el grupo 0 y 12 días menos en relación con el grupo 1 ($P<0.01$).

En el cuadro 2, se observa que los grupos 2 y 3 obtuvieron mejores ganancias diarias de peso en comparación con los grupos 0 y 1 ($P<0.01$). Mientras que el grupo 1 no presento diferencia significativa estadística ($P>0.01$) al compararlo con el grupo 0 en relación a la ganancia diaria de peso. Se observa mayor consumo de alimento en los grupos 2 y 3 que en los grupos 0 y 1; mientras que el grupo 1 tuvo mayor consumo de alimento en comparación con el grupo 0.

(19)

En lo que corresponde a la conversión alimenticia, el grupo 3 obtuvo la mejor conversión, mientras que la peor conversión alimenticia se observa en el grupo 0, no observándose diferencia estadística ($P>0.01$) entre los grupos tratados 1, 2, 3, pero si al compararlos con el grupo control ($P<0.01$).

Costo alimentación convencional – clorhidrato de ractopamina

En el cuadro 3, se analiza el costo del alimento sin utilizar clorhidrato de ractopamina; se observa que el costo del alimento es de $ 2.73 / kg, lo cual indica que el costo de alimentación de un lote durante el experimento es de $ 174,720; mientras que al utilizar 5 ppm de clorhidrato de ractopamina el costo del alimento se incrementa a $ 3.10 / kg; y el costo de alimentación de un lote es de $ 139,500; al utilizar 10 ppm de clorhidrato de ractopamina el costo del alimento se incrementa a $ 3.47 / kg y el costo de alimentación de un lote es de $ 156,150; de esta manera se puede observar claramente que el uso del

clorhidrato de ractopamina representa un ahorro en costos de alimentación por cada lote de $ 35,220 al utilizar 5 ppm y de $ 18,570 al utilizar 10 ppm.

Costo alimentación convencional – somatotropina porcina

En el cuadro 4, se analiza el costo – beneficio de la somatotropina porcina; se observa que el costo del alimento sin utilizar somatotropina porcina es de $ 2.73 / kg, lo cual indica que el costo de alimentación de un lote es de $ 174,720; mientras que al utilizar somatotropina porcina; el costo del alimento se incrementa a $ 3.12 / kg; y el costo de alimentación de un lote es de $ 190, 944; se observa que el uso de la somatotropina porcina representa perdida en costos de alimentación por $ 16,224 por lote.

Costo-beneficio entre tratamientos

En el cuadro 5, se analiza el costo-beneficio entre tratamientos; se observa que el ahorro al utilizar 5 ppm de clorhidrato de ractopamina es de $ 35,220 por lote, mientras que al utilizar 10 ppm de clorhidrato de ractopamina se observa un ahorro de $ 18,570 por lote, y al utilizar somatotropina porcina se observa perdida de $ 16,244 por lote. Es importante señalar que la variación del peso final que se observa carece de diferencia estadística significativa (P>0.01), sin embargo se observa una reducción de 20 días de edad al alcanzar el peso final.

DISCUSIÓN

La evaluación comparativa del efecto del clorhidrato de ractopamina y la somatotropina porcina como promotores de crecimiento se realizó con la finalidad de conocer el efecto sobre la ganancia diaria de peso. Se observó que el uso de 10 ppm de clorhidrato de ractopamina incrementa la ganancia diaria de peso y mejora la conversión alimenticia, lo cual coincide con resultados obtenidos por Carr *et al*., (2005), además se obtuvieron resultados opuestos a los obtenidos por See *et al.,* (2004) quien menciona que la conversión alimenticia aumenta en forma gradual conforme la eficiencia alimenticia y la ganancia diaria de peso aumentan. Los resultados obtenidos indican que al utilizar 5 y

10 ppm de clorhidrato de ractopamina se incrementa la ganancia diaria de peso, estos resultados son semejantes a los obtenidos por Watkins *et al*., (1990), Dunshea *et al*., (1993),Williams *et al*., (1994), Jones *et al*., (2000) donde al suministrar 5 y 10 ppm de clorhidrato de ractopamina se obtuvó un crecimiento de las fibras musculares y mejor masa muscular, lo cual se ve reflejado en un aumento de la ganancia diaria de peso. Esto es ocasionado por la activación enzimática que promueve la liberación de glucosa para que llegue a los tejidos periféricos, lo que favorece el transporte de aminoácidos al músculo provocando un aumento en la tasa de síntesis de proteína y finalmente la hipertrofia de las fibras musculares del tejido muscular estriado, lo que resulta en crecimiento muscular Dunshea *et al*., (1993).

Se observó menor conversión alimenticia al utilizar 10 ppm de clorhidrato de ractopamina y peso final de 86 kg a menor edad. Esto sucede por que el clorhidrato de ractopamina es metabolizado rápidamente permitiendo una mejor utilización de nutrientes; ocasionando un aumento en las fibras musculares y en la masa muscular, lo cual coincide con los estudios de Aalhus *et al*., (1992).

Se observó que al utilizar somatotropina porcina la ganancia diaria de peso no se incrementa considerablemente, sin embargo la eficiencia alimenticia aumenta

ligeramente, mientras que el consumo de alimento se incrementa 11% lo cual se antepone a los resultados obtenidos por Etherton *et al*., (1987) y Braña *et al*., (2001) quien señala que la somatotropina porcina incrementa la ganancia diaria de peso 15%, aumenta la eficiencia alimenticia 30%, y que el consumo de alimento disminuye 14%.

Los resultados obtenidos coinciden con los estudios realizados por Becker *et al*., (1993), que demuestran que al utilizar la somatotropina porcina en lugares muy calurosos o muy fríos no se incrementa la ganancia diaria de peso, sin embargo, Becker *et al*., (1993) menciona que el consumo de alimento y la conversión alimenticia no se modifican, lo cual se antepone a los resultados obtenidos en este estudio. Los estudios realizados por Oliver *et al*., (2003) demuestran que al utilizar somatotropina porcina se incrementa la ganancia diaria de peso 17-19%, lo cual se antepone a los resultados obtenidos en este trabajo.

Es importante tener en cuenta que a la fecha no existe algún trabajo que demuestre que el clorhidrato de ractopamina no es recomendable, de igual manera, a la fecha no existe algún trabajo que compare los resultados obtenidos al utilizar ambos productos.

Los resultados obtenidos por Dunshea *et al*., (1992) demuestran que la edad final se reduce al utilizar clorhidrato de ractopamina. Así mismo Etherton *et al*., (1987) menciona que el uso de somatotropina porcina disminuye la edad final, ambos autores

coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo, sin embargo a la fecha no existe algún trabajo que mencione con que producto se reduce en mayor cantidad de días la edad final.

Los costos de alimentación obtenidos al utilizar clorhidrato de ractopamina reflejan un ahorro significativo en los costo de alimentación, lo cual coincide con Dunshea *et al*., (1992) y Herr *et al*., (2000). Los costos de alimentación obtenidos al utilizar somatotropina porcina, muestran claramente incremento en los costos de alimentación, lo cual se antepone a lo mencionado por Becker *et al*., (1993) y Oliver *et al*., (2003) quienes mencionan que el uso de somatotropina porcina representa ahorro en el costo de alimentación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que con el uso de clorhidrato de ractopamina (5 y 10 ppm) incrementa la ganancia diaria de peso.

No se encontró diferencia significativa al comparar el uso de la somatotropina porcina

con el grupo control en la ganancia diaria de peso, sin embargo el consumo de alimento se incremento en los animales tratados con somatotropina porcina.

Al utilizar ambos aditivos, ya sea clorhidrato de ractopamina o somatotropina porcina; se observa la disminución de la edad final al momento de alcanzar el peso final, siendo mayor este efecto en los animales tratados con clorhidrato de ractopamina.

El uso del clorhidrato de ractopamina reduce el manejo físico y el estrés en los animales debido a que se administra fácilmente en el alimento, sin embargo el uso de la somatotropina porcina dificulta el manejo de los animales y aumenta el estrés, ya que la aplicación de este aditivo se realiza por medio de inyección intramuscular diariamente.

Además el uso del clorhidrato de ractopamina representa ahorros significativos en los costos de alimentación.

Cuadro 1
ANÁLISIS DE LA EDAD Y PESO INICIAL Y FINAL

	cerdos	peso inicial	edad inicial	peso final	edad final
Mean ± Std error					
0	416.43 ± 9.98$_{A}$	63.56 ± 0.73$_{A}$	137.32 ± 0.75$_{A}$	88.04 ± .84$_{AB}$	176.50 ± 1.16$_{A}$

1	490.76 ± 9.98$_B$	65.40 ± 0.73$_B$	133.81 ± 0.75$_A$	88.67 ± .84$_{AB}$	168.00 ± 1.16$_B$
2	479.63 ± 9.98$_B$	64.64 ± 0.73$_C$	131.61 ± 0.75$_B$	85.18 ± .84$_B$	156.13 ± 1.16$_C$
3	477.86 ± 9.98$_B$	64.16 ± 0.73$_C$	131.82 ± 0.75$_B$	86.12 ± .84$_{AB}$	156.50 ± 1.16$_C$
Prob	<.0001	<.0001	<.0001	0.0140	<.0001

* literales diferentes demuestran significancía estadística (P<0.01) por columnas.

Cuadro 2
PÁRAMETROS PRODUCTIVOS ALCANZADOS DURANTE EL EXPERIMENTO

	permanencia	muertos	% mortalidad	ventas
Mean ± Std error				
0	39.08 ± 1.30$_A$	22.23 ± 1.55$_A$	5.55 ± .34$_A$	394.20 ± 10.22$_A$
1	34.19 ± 1.30$_B$	20.40 ± 1.55$_A$	4.17 ± .34$_B$	471.20 ± 10.22$_B$
2	24.52 ± 1.30$_B$	20.53 ± 1.55$_A$	4.27 ± .34$_B$	464.66 ± 10.22$_B$
3	24.68 ± 1.30$_B$	20.26 ± 1.55$_A$	4.24 ± .34^B	457.60 ± 10.22$_B$
Prob	0.0001	0.7891	0.0145	<.0001

	gdp	consumo	conversión
Mean ± Std error			
0	0.633 ± .01$_A$	67219.6 ± 2059.28$_A$	2.94 ± .03$_A$
1	0.650 ± .01$_A$	73374.8 ± 2059.28$_{AB}$	2.79 ± .03$_B$
2	0.694 ± .01$_B$	77409.3 ± 2059.28$_B$	2.84 ± .03$_{AB}$
3	0.705 ± .01$_B$	76754.6 ± 2059.28$_B$	2.76 ± .03$_B$
Prob	<.0001	0.0023	0.0060

* literales diferentes demuestran significancía estadística (P<0.01) por columnas.

CUADRO 3
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO CON EL USO DE CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA (5 y 10 ppm)

1 lote

kg consumo alimento / día		1,600
kg consumo alimento con 5 y 10 ppm / día		1,800
costo kg alimento sin clorhidrato de ractopamina	$	2.73
costo kg alimento / clorhidrato de ractopamina 5ppm	$	3.10
costo kg alimento / clorhidrato de ractopamina 10ppm	$	3.47
costo alimento sin clorhidrato de ractopamina	$	174,720.00
costo alimento con clorhidrato de ractopamina / 5ppm	$	139,500.00
costo alimento con clorhidrato de ractopamina / 10ppm	$	156,150.00
Diferencia / 5ppm	$	35,220.00
Diferencia / 10ppm	$	18,570.00

Cuadro 4
ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO DEL USO DE LA SOMATOTROPINA PORCINA

		1 lote
kg consumo alimento / día		1,600
kg consumo alimento / día / somatotropina porcina		1,800
costo kg alimento sin somatotropina porcina	$	2.73
costo kg alimento / somatotropina porcina	$	3.12
costo alimento sin somatotropina porcina	$	174,720.00
costo alimento con somatotropina porcina	$	190,944.00
Diferencia	$	-16,224.00

Cuadro 5
COSTO - BENEFICIO ENTRE TRATAMIENTOS

	Control	Somatotropina	5 ppm	10 ppm
peso final	88	88	85	86
días / peso final	176	168	156	156
$ / Kg / alimento	$ 2.73	$ 3.12	$ 3.10	$ 3.47
costo	$ 174,720.00	$ 190,944.00	$ 139,500.00	$ 156,150.00
ahorro	$ 0.00	$ -16,244.00	$ 35,220.00	$ 18,570.00

REFERENCIAS

1. http://www.sian.info.ve/porcinos
2. http://www.uam.es/departamentos/medicina/farmacologia/especifica/ToxAli/ToxAli_L16d.pdf
3. http://www.irta.es/xarxatem/pomar2_cas.htm
4. http://www.monografias.com/trabajos15/b-adrenergicos/b-adrenergicos.shtml
5. http://www.porcicultura.com/estadisticas
6. http://tecnicapecuaria.org/trabajos/200212175342.pdf
7. http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/inocd/inagri/Doc1830/ManualProduccionPorcino.pdf
8. www.soyamex.com.mx/nutricion%20animal/lance%202002/porcina/Dr.%20Javier %20Rdz/ paylean. Pdf
9. http://www.veterin.unam.mx/fmvz/revvetmex/a2002/rvmv33n2/rvm33206.pdf
10. Sumano LH, Ocampo CL, Gutiérrez OL. Clenbuterol y otros β-agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? Vet Méx 2002; 33 (2): 137-159
11. http://fmvz.uat.edu.mx/Investigacion/alfabetico/Buiatria2003.pdf
12. http://www.midia.com.mx/ganaderia/oct-05-04/ganaderia.htm
13. www.pntechnologies.com/Paylean.htm
14. www.ansc.purdue.edu/swine/porkpage/nutrient/paylean.htm
15. Dunshea FR, King RH, Campbell RG, Sainz RD, Kim YS. Interrelaciones entre el sexo y la ractopamina sobre el depósito de proteína y lípidos en cerdos con rápido crecimiento. J Anim Sci 1993;71:2919-2930

16. Courtheyn D, Moermans R, Schilt R, Boenke A. Betaagonists in animal feed. II. Optimization of the extraction. Food Additives Contam 1996;13:493-509

17. Waldeck B, Widmark E. Steric aspects of agonism and antagonism at b-adrenoceptors: experiments with the enantiomers of clenbuterol. Pharmacol Toxicol 1995;56:221-227
18. Jones RW, Easter RA, McKeith FK, Dalrymple RH, Maddock HM, Bechtel PJ. Beta-agonists. J Anim Sci 1985;61:905
19. Boyd, R. D., *et al*. 2001. Lysine level required to optimize the growth response to Paylean in PIC pigs. J Anim Sci 2001;79(Suppl. 1):67. (Abstr.)
20. Aalhus JL, Jones SDM, Schaeffer AL, Tong AKW, Robertson WM, Merrill JK, Murria AC. El efecto de ractopamina en el desempeño, composición de la canal y calidad de la canal en cerdos en la fase de finalización. Can J Anim Sci 1990;70:930-952
21. Aalhus JL, Schaeffer AL, Merrill JK, Murria AC. El efecto de ractopamina en la distribución de míofibra y la morfología y su relación con la calidad de la carne en porcinos. Meta Sci 1992;31:397-409
22. Herr CT, Take W, Robson C, Kendall DC, Schinckel AP and Richert BT. Efecto del nivel nutricional mientras se alimenta con Paylean a cerdos en la fase de finalización. Purdue University, Swine Day 2000
23. Robles MAB. Utilización de somatotropina porcina recombinante, durante el último tercio de gestación en cerdas primerizas, para analizar sus efectos productivos y reproductivos (tesis de maestría) México (DF) México: UNAM,

2004

24. Witkamp RF, Enne G, Kuiper HA. Pharmacological and toxicological properties of b-adrenergic agonists. J Anim Sci 1990;67:158-165
25. Kuiper HA, Noordam MY, Dooren-Flipsen MMH, Van Schilt R., Roos AH. Illegal use of beta-adrenergic agonists. J Anim Sci 1998;76:195-202
26. Bark, L. J., T. S. Stahly, G. L. Cromwell, J. Miyat. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. J Anim Sci 1992;70:3391-3400
27. Cuarón IJA. Ractopamina, oportunidades para México. X Congreso AMENA. Pto. Vallarta, México 2001
28. Dalidowicz JE, Thomson TD, Babbitt GE, Hutson DH. Ractopamine hydrochloride, a phenethanolamine repartitioning agent: metabolism and tissue residues. Xenobiotics Food Producing Ann 1992;503:234-243
29. Crome P.K., *et al*. 1996. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kg. J Anim Sci 1996;74(4) :709-16
30. Cuarón IJA, Mejía CA -Guadarrama. Ractopamine for restricted fed gilts: Refeeding after a week withdrawal. Proc. 17th Proc. International Pig Vet. Soc. Oral-Invited Papers. June 2-5, Ames, IA, 2002; 264
31. Fernández DDM, Rosas VN, Pérez VM, Cuarón IJA. Niveles de lisina digestible

para cerdos finalizados con Ractopamina. XXXVII Congreso Nacional AMVEC 2002

32. Stoller GM. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. J Anim Sci 2003 ;81:1508-1516
33. Watkins LE, Jones DJ, Mowrey DH, Anderson DB, and Veenhuizen EL. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. J Anim Sci 1990;68:3588–3595
34. Lee KC, Azain MJ, Hardin MD, Williams SE. Effect of porcine somatotropin (pST) treatment and withdrawal on performance and adipose tissue cellularity in finishing swine. J Anim Sci 1994;72:1702-1711
35. Ruffolo RE. Chirality in and b-adrenoceptor agonists and antagonists. Tetrahedron 1991;47:9953-9980
36. Smith DJ. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. J Anim Sci 1998;76:173-194
37. Cuarón IJA. Alternativas para finalización en porcino (I). Albéitar (España), Abril 2003:42-46
38. Cuarón IJA. Effectiveness of Ractopamine in presence of temperature and disease stress. Proc. 17th Proc. International Pig Vet. Soc. Oral-Invited Papers. June 2-5, Ames, IA, 2002;265
39. Dunshea FR, King RH. Responses to homeostatic signals in ractopamine-treated

pigs. Br J Nutr. 1995;73:809 -18

40. Stahly TS. Impact of somatotropin and beta-adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. Advances in Animal Nutrition, Butterworths, London, pp. 1990;103-112

41. Herbert F, Hovell FD, Reeds PJ. Beta-agonists and their effects on animal growth. Nutr Soc 1985;44:5

42. Mersmann HJ, McNeel RL. Ligand binding to the porcine adipose tissue beta-adrenergic receptor. J Anim Sci 1992;70:787-797

43. Randy J. Nelson, An introduction to behavioral endocrinology, Second Edition, 2000 Massachusetts

44. Schinckel AP, Richert BT, Herr CT. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. J Anim Sci 2002;80(E. Suppl. 2):E85-E89

45. Schinckel AP, Li N, Richert BT, Preckel PV, Einstein ME. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. J Anim Sci 2003; 81:1106-1119

46. Williams NH, Cline TR, Schinckel AP, Jones DJ. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. J Anim Sci 1994; 72:3152-62

47. Jones DJ, Mowrey DH, Anderson DB, Schroeder AL, Thomas EE, Watkins LE, Karnak RE, Roth DM, and Wagner JR. Effect of Paylean (ractopamine hydrochloride) on swine growth performance and carcass leanness as determined by 20- and 13-trial pooled summaries, respectively. J Anim Sci 2000;78(Suppl.

1):138(Abstr.)

48. Xiao RJ, Xu ZR, and Chen HL. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. Anim Feed Sci Technol. 1999;79:119–127

49. Armstrong TA, Ivers DJ, Wagner JR, Anderson DB, Weldon WC and Berg EP. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs J Anim Sci. 2004. 82:3245-3253

50. Adeola O, Darko EA, He P, and Young LG. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. J Anim Sci 1990;68:3633–3641

51. Carr SN, Ivers DJ, Anderson DB, Jomes DJ, Mowrey DH, England MB, Killeter J, Rincker PJ and Mc Keith FK. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality caracteristics. J Anim Sci. 2005; 83:2886-2893

52. See MT, Armstrong TA, Weldon WC. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. J Anim Sci. 2004; 82: 2474-2480

53. http://www.soyamex.com.mx/nutricion%20animal/seminarios/Adquisicion%20de%20granos/AddTendencias.pdf

54. http://www.ozbiopharm.com.au/ReporcinMIMS.htm

55. Van der Wal, Kanis E, Van der Hei W, Huisman J, Versteghen M. Effect of

recombinant porcine somatotropin (rpST) on fattening performance and meat quality of three genotypes of pigs slaughtered at 100 and 104 Kg. Edited by Sejrsen and Vestergaard. 1990 New York USA

56. Machlin L. Effect of porcine growth hormone on growth and carcass composition of the pigs. J Anim Sci 1972;35: 794-800

57. Fernández D, Rosas N, Braña-Varela D, Cuarón J, Un exceso de aminoácidos en la dieta limita la respuesta a somatotropina porcina exógena (STp). Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, 2003, 17-20 de Julio, Guadalajara, Jalisco, México: Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, AC, 2003:193-195
58. Squires EJ, Adeola O, Young LG, Hacker RR. The role of growth hormones,R-adrenergic agents and intact males in pork production. A review Can. J Anim Sci 1993;73: 1-23
59. Campbell RG, Johnson RJ, King RH, Taverner MR. Effects of gender and genotype on the response of growing pigs to exogenous administration of porcine growth hormone. J Anim Sci 1990;68:2674-2681
60. Etherton T, Wiggins J, Evock C, Chung C, Rebhun J. Stimulation of pig growth performance by porcine growth hormone: determination of the dose response relationship. J Anim Sci 1987;64: 433-443
61. Henricson B, Ulberg S. Effect of pig growth hormone on pigs. J Anim Sci 1960;19: 1002-1008

62. Gerald Litwack, Biochemical actions of hormones, Academic Press volumen Vll; 1980 New York

63. Etheton TD, Wiggins JP, Chung CS, Evock CM, Walton PE. Stimulation of pig growth performance by porcine growth hormone and growth hormonereleasing factor. J Anim Sci 1986;63: 1389-1399

64. Hanrahan T. Use of somatotropin in livestock production: growth in pigs. Edited by Sejrsen and Vestergaard. 1990 New York

65. Morgan DJ. Clinical pharmacokinetics of beta-agonists. Clin Pharmacocinet 1990;18:270-294

66. Chung C. Etherton T, Wiggins J. Stimulation of swine growth by porcine growth hormone. J Anim Sci 1985;60:118-130

67. Becker BA, Kinght CD, Veenhotzen JJ, Jesse GW, Hedrick HB, Baile CA. Performance, carcass composition and blood hormones and metabolites of finishing pigs treated with porcine somatotropin in hot and cold environments. J Anim Sci. 1993; 71: 2375-2387

68. Braña VD, Ángeles L, Loeza LR, Ángeles MAA, Cuarón IJA. Somatotropina recombinante en la finalización de cerdos en dos condiciones climáticas. Técnica Pecuaria de México 2001;39(3):215-228

69. Oliver WT, McCauley I, Harrell RJ, Suster D, Kerton DJ, and Dunshea FR. **A** gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. J. Anim Sci. 2003 81: 1959-1966

70. Campbell RG, Johnson RJ, King RH, Taverner MR, and Meisinger DJ. 1990. Interaction of dietary protein content and exogenous porcine growth hormone administration on protein and lipid accretion rates in growing pigs. J Anim Sci. 68:3217–3225

71. Caperna TJ, Komarek DR, GavelekD, and Steele NC. Influence of dietary protein and recombinant porcine somatotropin administration in young pigs: II. Accretion rates of protein, collagen, and fat. J Anim Sci. 1991;69:4019-4029

72. Caperna TJ, Campbell RG, Ballard MRM, and Steele NC. Somatotropin enhances the rate of amino acid deposition but has minimal impact on amino acid balance in growing pigs. J Nutr. 1995; 125:2104–2113

73. Beermann DH, and Boyd RD. Recent developments in the use of exogenously administered peptides and polypeptides to influence animal growth. 1992; 249-275 in Control of Fat and Lean Deposition. P. Buttery, ed. Butterworths, London

74. Dunshea FR, Bauman DE, Boyd RD, and Bell AW. Temporal response of circulating metabolites and hormones during somatotropin treatment of growing pigs. J Anim Sci. 1992; 70:123-131

75. Vann RV, Nguyen HV, Reeds PJ, Burrin DG, Fiorotto ML, Steele NC, Deaver DR, and Davis TA. Somatotropin increases protein balance by lowering body protein degradation in fed growing pigs. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 2000a; 278:E477-E483

76. Vann RV, Nguyen HV, Reeds PJ, Steele NC, Davis TA. Somatotropin increases protein balance independent of insulin's effects on protein metabolism in growing pigs. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 2000b; 279:E1-E10

77. Bush JA, Wu G, Suryawan A, Nguyen HV, and Davis TA. Somatotropin-induced amino acid conservation involves differential regulation of liver and gut urea cycle enzyme activity in pigs. J. Nutr. 2002; 132:59-67

78. Bush JA, Burrin DG, Reeds PJ, Suryawan A, O'Connor PMJ, Nguyen HV, J. van Goudoever, and Davis TA. Somatotropin-induced protein anabolism in the hindquarter and portal drained viscera of growing pigs. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 2003a; 284:E302-E312

79. Smith VG, and Kasson CW. Growth performance and carcass characteristics of pigs administered recombinant porcine somatotropin during 30 to 110 kilogram live weight. J Anim ScI 1990; 68:4109-4116

80. Seve B, Ballevre O, Ganier P, Noblet J, Prugnaud J, and Obled C. Recombinant porcine somatotropin and dietary protein enhance protein synthesis in growing pigs. J. Nutr. 1993; 123:529-540

81. Klindt J, Buonomo F, Yen J. Administration of porcine somatotropin by sustained release implant: growth factor and metabolic responses in crossbred white and

genetically lean and obese boars and gilts. J Anim Sci 1995; 73:1327-1339