



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



**EFFECTO DEL ISOPROTERENOL Y CLENBUTEROL SOBRE EL
ESPESOR DE LA GRASA DORSAL, RENDIMIENTO EN
CANAL Y CONSUMO VOLUNTARIO EN CERDOS
EN ETAPA DE FINALIZACION**

**TRISIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
MARIA DEL CARMEN CARMONA OLIVA

**ASESORES: MVZ. LUCAS MELGAREJO V.
MVZ. HUMBERTO TRONCOSO A.
MVZ. JORGE PONCE DE LEON
MVZ. RAFAEL ORDOÑEZ M.**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N D I C E

| | | | |
|------|--------------------|------|----|
| I | RESUMEN | pag. | 1 |
| II | INTRODUCCION | pag. | 3 |
| III | OBJETIVOS | pag. | 20 |
| IV | HIPOTESIS | pag. | 21 |
| V | MATERIAL Y METODOS | pag. | 22 |
| VI | RESULTADOS | pag. | 26 |
| VII | DISCUCION | pag. | 27 |
| VIII | CONCLUSIONES | pag. | 32 |
| IX | CUADROS Y FIGURAS | pag. | 33 |
| X | BIBLIOGRAFIA | pag. | 50 |

R E S U M E N :

CARMONA OLIVA MARIA del CARMEN : Efecto del Isoproterenol y Clenbuterol sobre el espesor de la grasa dorsal, rendimiento en canal y consumo voluntario en cerdos en etapa de finalización. (bajo la asesoría de MVZ. Lucas Melgarejo V., MVZ. Humberto Troncoso A., MVZ. Jorge Ponce de León y MVZ. Rafael Ordóñez M.).

El objetivo del presente estudio fué evaluar y comparar el efecto de los agonistas β -adrenérgicos; isoproterenol y clenbuterol sobre parámetros productivos. Fué realizado en una granja comercial tecnificada, ubicada en el barrio de Santa Bárbara, Municipio de Teoloyucan, México. Se utilizaron 90 cerdos, 60 machos castrados, con peso promedio de 70.4 kg y 30 hembras con peso promedio de 57.5 kg. Se administraron isoproterenol a dosis de 0.5 mg/kg de alimento y clenbuterol a dosis de 0.5 mg/kg de alimento en una dieta comercial de engorda al 15.44% de proteína cruda en base húmeda. Ambos fármacos fueron eficientes en incrementar en peso vivo final en un 10.6 % para el grupo tratado con isoproterenol y un 11.9 % para el grupo tratado con clenbuterol en cerdos castrados con respecto al grupo control. La ganancia de peso se mejoró en un 24 % y un 26 % para isoproterenol y clenbuterol respectivamente en cerdos castrados. El peso en canal se mejoró en cerdos castrados en un 17.1 % para clenbuterol y en un 20.8 % para isoproterenol. El rendimiento en canal se incrementó en los machos en un 6.8 % para los tratados con isoproterenol y en un 4.2 % para los tratados con clenbuterol. Se observó que la eficiencia en la conversión alimenticia se mejoró en los grupos tratados con isoproterenol y clenbuterol con respecto al testigo. La medida del espesor de la grasa dorsal evaluada en 3 niveles (1ª - costilla, última costilla, última vértebra lumbar), se redujo en un 33 % para clenbuterol y en un 63 % para isoproterenol en cerdos castrados, y en un 79 % para las hembras. El espesor de la grasa dor-

sal tomado en la línea paravertebral a la altura de la 10ª costilla, se redujo solo en hembras en un 76.25 %. El área del ojo de la chuleta no mostró diferencias estadísticas significativas. Se considera que la muestra para evaluar este parámetro fué pequeña. El análisis Costo-Beneficio mostró que el costo por kg de alimento fué 0.15 % y 1.32 % más alto para los grupos tratados con isoproterenol y clenbuterol respectivamente. Los cerdos machos castrados mostraron mayor rentabilidad que las hembras en los grupos tratados con respecto al grupo control. Se sugiere en futuras investigaciones emplear una muestra de animales mayor a la evaluada en este estudio.

I N T R O D U C C I O N :

Entre los problemas que encara la humanidad, la producción de alimentos ocupa una prioridad importante (15, 37). La tarea de proveer suficientes alimentos para toda la población mundial se ha vuelto difícil, como resultado del continuo crecimiento demográfico, un retraso en la capacidad del mundo para aumentar la producción de alimentos y el deterioro ambiental acelerado (29). El 60% de la población de las áreas subdesarrolladas sufre desnutrición severa por una mala calidad de las dietas y, el 2% sufren mal nutrición, especialmente por falta de proteínas, vitaminas y minerales (7). La ingestión de menos de 1500 kcal no permite la actividad física moderada en adultos y en los niños limita severamente el desarrollo físico y mental (29). En México el problema de la nutrición no deriva de la ingestión cuantitativa de alimentos, sino de la calidad (18).

De acuerdo con estadísticas, en naciones desarrolladas se ingieren diariamente 99 g en promedio de proteínas, de éstas, 56 g provienen de animales (7, 18). En contraste, México sufre deficiencia en proteína de origen animal. Según datos del Instituto Nacional de la Nutrición, las proteínas de origen animal representan de un 16% a un 24% de la dieta de los mexicanos (18, 41).

La proteína de origen animal por su composición, su capacidad de proveer aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y ácidos grasos que el humano no puede sintetizar, ha probado ser de excelente calidad, de manera que la producción de productos pecuarios : carne, leche y huevo se debe intensificar (6, 37).

Los cerdos como otros animales, pueden proveer proteína eficiente. Un cerdo rinde 75% de carne en canal, porcentaje mayor que en bovinos (7). Además la producción de carne de cerdo ofrece grandes ventajas : prolificidad, corto ciclo reproductivo, espacio reducido para su producción y calidad de la carne (13, 41).

La producción porcina ha sufrido cambios de acuerdo a las exigencias del mercado. El productor está interesado en la eficiencia de la producción de carne; y, recientemente ha dado mayor importancia a producir canales de excelente calidad con mayor rendimiento y menor cantidad de grasa (20, 33, 41).

Existen diversos factores que modifican la calidad de la canal : inseminación artificial, la adquisición de animales con alto potencial genético, programas adecuados de manejo, utilización de instalaciones funcionales, balanceo de raciones y el uso de compuestos que se adicionan al alimento con el fin de estimular el crecimiento y aumentar la eficiencia de los alimentos (7, 9, 10, 14, 20, 23, 25, 26, 35, 38, 41).

De éstos compuestos llamados aditivos, existen muchos estudios y se han utilizado durante años en la alimentación de cerdos y otros animales domésticos. A continuación se presenta una descripción de los más importantes en la alimentación porcina :

Antibióticos : La utilización de antibióticos en la medicina veterinaria, ha permitido controlar y prevenir enfermedades infectocontagiosas que afectan a las poblaciones animales. Su empleo como promotores del crecimiento ha registrado incrementos en la productividad con el consecuente beneficio económico para la industria pecuaria (19). Actúan incrementando la tasa de crecimiento, reducen la mortalidad al controlar enfermedades clínicas y subclínicas, mejoran la utilización del alimento, la economía y el balance de nitrógeno. Su acción es reducir el nivel de patógenos digestivos, permitiendo mayor absorción intestinal por una menor irritación de la mucosa. Son muy empleados la clortetraciclina, bacitracina, tilosina, oleandomicina, monensina, carbadox, olaquinox, virginiamicina, estreptomcina, oxitetraciclina, penicilina y otros (1, 2, 3, 10, 15, 23, 26, 33, 38, 40).

Si bien el empleo de antibióticos en la producción animal se justifica plenamente desde el punto de vista económico, se ha demostrado que la presencia de residuos antimicrobianos en la carne, leche y sus derivados representa un riesgo potencial para la salud pública, que puede manifestarse por efectos tóxicos directos, reacciones alérgicas y resistencia bacteriana a los fármacos (15, 19, 26, 33, 34, 38).

Hormonales y sus derivados : El sistema endócrino juega un papel importante en la regulación del crecimiento y la repartición de nutrimentos entre el músculo y el tejido adiposo. La manipulación de éste tiene un potencial considerable como método para incrementar la tasa de crecimiento y mejorar la eficiencia del alimento (38). Las hormonas que se sabe ejercen un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento son : insulina, somatotropina, tiroxina, estrógenos, testosterona; por ello se han utilizado de diversas maneras como promotores del cre

cimiento (23, 35, 38). Los agentes anabólicos elaborados a partir de compuestos estrogénicos, androgénicos y de actividad progestágena se han empleado principalmente en bovinos para carne en forma de implantes (16, 26). Su acción se basa en la capacidad de retener nitrógeno y agua en masas musculares. En cerdos no han dado resultados concluyentes. Se menciona que dejan en la carne un olor y sabor desagradables (23, 26).

Somatotropina : La principal hormona involucrada en estimular el crecimiento es la somatotropina (SMT). Se produce en la adenohipófisis ó hipófisis anterior (12, 21, 22, 27, 38). Es un polipéptido de cadena única con un peso molecular de aproximadamente 22.000 daltons en todos los mamíferos (22). La somatotropina (SMT), incrementa el transporte de aminoácidos a las células musculares, incrementando la síntesis protéica para formar proteínas tisulares (22, 27). Los animales tratados con somatotropina (SMT) muestran un balance positivo de nitrógeno; esto refleja un incremento generalizado en la síntesis protéica y una reducción en los valores plasmáticos y urinarios de aminoácidos y urea (22). Hay un aumento en la síntesis de RNA, DNA y proteína en algunos tejidos. También incrementa la liberación de ácidos grasos libres y glicerol. La administración in vivo de hormona del crecimiento causa incremento acelerado de ácidos grasos libres circulantes y de la oxidación de los ácidos grasos en el hígado (22, 38).

La hormona del crecimiento, también estimula la síntesis hepática de un grupo de compuestos llamados somatomedinas, que son una pequeña cadena de péptidos que regulan el crecimiento de hueso y músculo incrementando la multiplicación de sus células, lo que se traduce en un incremento en la talla corporal (22, 38).

Desde hace tiempo la producción endógena de la hormona del crecimiento ha mostrado estimular la tasa de crecimiento y eficiencia en la producción porcina y la composición de sus productos (4, 35, 38). Recientemente, se ha producido somatotropina biológicamente activa en forma sintética por alteración genética bacteriana, mediante tecnología de recombinación de DNA (35, 38). El bajo costo, la aparente abundancia y pureza de esta hormona biosintética ha despertado interés en su utilización como promotor del crecimiento (38). Estimula el crecimiento de la mayor parte de tejidos proteínicos como músculo esquelético, hígado, riñones y tracto gastrointestinal. En contraste, el tejido graso en depósitos subcutáneos, cavidad abdominal y músculo esquelético se reduce. Estos cambios en el tejido se traducen en cambios significativos en las medidas estándares de la canal, rendimiento en canal, magrura y contenido de grasa (4, 9, 35). El mejoramiento de magrura en la canal se asocia con mayor eficiencia en la utilización del alimento. La administración de somatotropina (SMT) reduce el consumo voluntario de alimento, además de mejorar la digestibilidad de la energía y la proteína (35).

A diferencia de otros promotores del crecimiento como anti-bióticos ó esteroides anabólicos, la somatotropina (SMT) no se deposita en los tejidos corporales y aún cualquier residuo en los tejidos animales sería destruido durante el cocimiento y la digestión intestinal como cualquier otra proteína (38).

Desafortunadamente el uso de la hormona del crecimiento para incrementar la tasa de crecimiento en cerdos, ha tenido limitaciones prácticas para ser utilizada bajo condiciones comerciales. El tratamiento con somatotropina (SMT) debe ser aplicado mediante inyecciones diarias (9, 38). El mayor manejo a realizarse sobre los animales podría hacer desistir a muchos productores de em -

plearla y aprovechar sus ventajas. En el futuro es necesario investigar el desarrollo de un sistema de uso de la hormona del crecimiento que permita a los cerdos ser inyectados a intervalos menos frecuentes ó que pueda administrarse en el alimento (38).

Inmunización con Somatostatina : Los beneficios de manipulación del sistema inmune para proveer protección frente a enfermedades reconocidas universalmente, la disponibilidad de vacunas efectivas que combaten a una amplia variedad de microorganismos infecciosos, ha facilitado el desarrollo de modernos, intensivos y altamente eficientes sistemas de producción animal. Actualmente se estudia la posibilidad de utilizar la respuesta inmune para influir en la función endócrina y por consiguiente alterar la tasa de crecimiento en los animales domésticos (38).

La secreción de la hormona del crecimiento es regulada por un sistema de retroalimentación. En este sistema existen tres factores : el factor GHRH, que es el regulador positivo y el regulador negativo que es el factor GHRH ó somatostatina y el FCSI 1 ó somatomedina C que es un factor de crecimiento, análogo a la insulina. El factor FCSI-1 regula la secreción de la hormona del crecimiento inhibiendo la liberación del factor GHRH en el hipotálamo y estimulando la liberación de somatostatina (GHRH). La inhibición del regulador positivo (GHRH), se realiza por la hormona del crecimiento, la cuál inhibe la liberación de somatostatina (GHRH). La cantidad de hormona secretada depende entonces, de de el balance entre el grado de estimulación ó inhibición de la somatostatina (GHRH) y el factor GHRH. Así, una reducción en los niveles de somatostatina (GHRH) circulante podrían conducir a un incremento en la secreción de la hormona del crecimiento y de este modo estimular el crecimiento. Lo anterior se lograría induciendo una respuesta inmune en el animal contra su propia somatostatina, acoplando ésta a una proteína portadora extraña (ovo

albúmina, alfa globulina humana ó albúmina sérica bovina) y aplicarla con un adyuvante apropiado. El cuerpo intentará mediante el sistema inmune, remover la somatostatina de la sangre con un incremento concomitante en los niveles de la hormona del crecimiento circulante (22, 38).

El desarrollo de la inmunización con somatostatina como técnica para promover el crecimiento es atractiva desde el punto de vista práctico. A diferencia del tratamiento con hormona del crecimiento que requiere inyecciones diarias para obtener una respuesta, la inmunización con somatostatina requiere 2 inyecciones espaciadas una de otra por varias semanas, de manera que su aplicación podría incluirse dentro de un programa regular de vacunación. El aspecto más limitante de la técnica es la capacidad de inducir una respuesta inmune consistente, para obtener la máxima estimulación de crecimiento (36).

I o n ó f o r o s : Se han incluido a la ración del cerdo, más no como antibióticos. Su función es seleccionar la población bacteriana de acuerdo a su tolerancia al movimiento iónico celular (2, 5, 22). El uso de ionóforos mejora la conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y ganancia de peso. Incrementan la gluconeogénesis y el recambio de glucosa corporal, mejoran la utilización de energía digestible y ahorran aminoácidos gluconeogénicos, además de reducir la producción de metano y dióxido de carbono. Mejoran también el metabolismo del nitrógeno, modifican el consumo voluntario, incrementan la calidad de la proteína y se reporta mayor digestibilidad del alimento. Intervienen en el metabolismo de los ácidos grasos volátiles (AGV) en el cerdo, produciendo un incremento en la producción de propionato, debido a un ajuste en las rutas de fermentación, donde el acetato y el butirato van a disminuirse, esto se traduce en mejor eficiencia

alimenticia por un aumento de la energía disponible por unidad de alimento consumido y por tanto una ganancia adicional (2, 5, 33). El grupo más importante son los ionóforos carboxílicos y dentro de este grupo los poliéteres son los más relevantes, como la monensina, la lasalocida, la salinomina y la lisocelina (5).

Probióticos : Se han promovido ampliamente como una alternativa al uso de antibióticos en la ración del cerdo. Tienen un efecto opuesto a los antibióticos sobre los microorganismos en el tracto digestivo. Los primeros controlan a la población microbiana en el intestino por inhibición ó destrucción, y los probióticos introducen bacterias vivas dentro del tracto gastrointestinal (38).

Incrementan la microflora deseable en el intestino. Su modo de acción aún no se ha definido claramente. Se sugiere que incrementan la síntesis de ácido láctico en el tracto gastrointestinal del cerdo. Este incremento reduce el pH en el intestino evitando la proliferación de bacterias patógenas como E. coli. Esta reducción de bacterias, podría reducir también la cantidad de aminas tóxicas y amonio producido en el tracto gastrointestinal (38).

En un experimento en cerdos de iniciación, se reportó una pequeña mejoría en la ganancia diaria y en la eficiencia de la conversión alimenticia. Sin embargo otros investigadores han reportado efectos contrarios. Si bien el concepto teórico de los probióticos parece prometedor, la información de sus cualidades terapéuticas sugiere que la investigación debe continuar y encontrar una alternativa viable a los antibióticos (38).

S u p l e m e n t a c i ó n E n z i m á t i c a : Diversas investigaciones se han realizado para determinar el valor de la suplementación en el alimento de los cerdos con algunas enzimas normalmente secretadas en el tracto digestivo. Aunque existen enzimas proteolíticas, amilolíticas, etc. para uso animal, hasta ahora se han promovido en el mercado las de tipo celulolítico, para los animales incapaces de digerir fibra, como los cerdos y las aves (33, 38). Diversos trabajos desarrollados en cerdos destetados inmediatamente después del nacimiento, han involucrado enzimas como la amilasa, la sucrasa, el pepsinógeno, la tripsina y la pancreatina (38).

Las enzimas tienen la capacidad de degradar compuestos deletéreos comunmente encontrados en las raciones para cerdos, como son los β -glucanos contenidos en la cebada y las pentosas solubles encontradas en el centeno, que reducen el valor nutritivo de éstos alimentos, restringiendo la ganancia de peso mediante un incremento en la viscosidad del fluido intestinal, interfiriéndose el proceso digestivo por un impedimento de la asociación enzima - sustrato. Los β -glucanos permiten a la población microbiana asimilar una proporción de los nutrimentos contenidos en el alimento dentro de su propio sistema, reduciendo la disponibilidad de éstos nutrimentos a el hospedador (38). La adición de enzimas a las raciones con alto contenido de cebada, incrementan la tasa de crecimiento y la eficiencia en la utilización del alimento en pollos (23, 38). Las escasas investigaciones reportan que la suplementación en dietas basadas en cebada para cerdos con la enzima β -glucanasa podrían ser benéficas (38).

Otros aditivos empleados en cerdos son los arsenicales (ácido arsanílico, ácido 3-nitro-hidroxifenilarsónico) (23). Minerales como el zinc, para mejorar la síntesis protéica (26) y el sulfato de cobre que induce mejoras en el crecimiento y la utiliza -

ción del alimento (23).

Actualmente en muchos países, diversos análogos sintéticos de los neurotransmisores ó agonistas naturales : adrenalina y noradrenalina (catecolaminas) (12, 26, 35), llamados Agonistas β -adrenérgicos, han sido desarrollados por la industria farmacéutica, demostrando tener la capacidad de acelerar el crecimiento del tejido muscular, reduciendo el depósito de grasa. Algunos investigadores observaron que éstos compuestos pueden tener efecto sobre la eficiencia en la utilización de los nutrimentos, ganancia de peso y calidad de la canal, por su efecto sobre la distribución de la grasa corporal en todas las especies domésticas (9, 11, 14, 17, 26, 30, 35, 38); 42)

Existen por lo menos seis fármacos Agonistas β -adrenérgicos: Cimaterol, Clenbuterol, Isoproterenol, L 644 969, Ractopamine y Salbutamol (Esquema No.1), que actúan selectivamente sobre tejido adiposo y muscular, sin comprometer tejidos en los que actuarían normalmente las catecolaminas (26, 30, 35, 38).

El modo de acción de los Agonistas β -adrenérgicos es ejercer su efecto al activar a los receptores β -adrenérgicos, específicamente los del subtipo β -1, de los tejidos adiposo y muscular (1, 14, 26), activando a la adenilato ciclasa que convierte el ATP en 3' 5' AMP (14, 26), resultando en la activación de lipasas en el adiposito, y liberar ácidos grasos a la sangre , mejorando la lipólisis (14, 26). Bajo condiciones normales gran parte de la energía obtenida de la oxidación de los ácidos grasos podría perderse como calor. Bajo la influencia de los Agonistas β -adrenérgicos, más de la energía obtenida en la oxidación de ácidos grasos se hace disponible en el organismo para síntesis de proteína (38). Reducen la degradación de proteína en músculo y estimulan la tasa funcional de síntesis protéica, resultando una hipertro -

fía de las fibras musculares (14). Se estimula igualmente, la síntesis de RNA ribosomal y mejoran los niveles de por lo menos dos de los mensajeros de RNA de la proteína contráctil (30).

De los agonistas sintéticos, se sabe que el isoproterenol tiene mayor afinidad que la adrenalina y la noradrenalina por los receptores β -1 del tejido adiposo, promoviendo la lipólisis, e -levando la cantidad de ácidos grasos en la sangre, logrando una mayor repartición de la grasa corporal ó funcionando como un fondo de energía potencial, efectuando una distribución más homogénea de la grasa corporal (22, 26) (Esquema No. 2, modo de acción del isoproterenol).

El isoproterenol utilizado como sal pura a dosis elevadas puede tener efectos nocivos sobre el aparato cardiovascular, principalmente sobre la musculatura cardíaca y arterias coronarias (26). Signos de toxicidad se observaron también con ractopamine a dosis arriba de 500 ppm durante 8 semanas en dietas para cerdos (9).

Entre sus usos farmacológicos, se han destinado para tratar el asma bronquial; principalmente la isoprenalina ó isoproterenol. El salbutamol se empleó como antiabortivo en humanos (26). Se han empleado diversos agentes β -adrenérgicos para fomentar la broncodilatación y el transporte mucociliar de la traquea (1, 32, 39), como el clenbuterol que mostró un efecto positivo cuando fué empleado en caballos y ponies con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (32, 39). La actividad β -2 selectiva, causa broncodilatación sin efectos cardioestimulantes significativos. Esta propiedad benéfica es evidente en los agentes adrenérgicos de acción prolongada como el salbutamol, el fenoterol, la hexoprenalina y el clenbuterol. Los efectos secundarios comunmente observados

con los fármacos adrenérgicos selectivos β -2 son : nerviosismo, sudoración, temblores musculares, debilidad y, vómitos con dosis elevadas (1).

En ovejas el clenbuterol hidroclorado administrado por vía intramuscular a dosis de 0.2 mg en hembras próximas al parto, fué efectivo en reducir la mortalidad perinatal (28).

Los Agonistas β -adrenérgicos resultaron ser efectivos en una variedad de condiciones, en que el crecimiento muscular es inhibido. Mejoran el crecimiento muscular en roedores y cerdos obesos genéticamente. Se manifiesta un crecimiento muscular por β -adrenérgicos en animales con crecimiento hormonal genético deficiente (9, 28). En ratas reestablece el crecimiento de músculos denervados (30).

Los agonistas β -adrenérgicos, podrían tener una repercusión importante en la producción animal. El uso de éstos compuestos como agentes promotores del crecimiento busca dos objetivos principales : el primero es mejorar la eficiencia económica de la producción de carne; y el segundo, reducir el contenido de grasa en la carne y los productos de la carne. Esto generaría importantes implicaciones en las granjas, la industria de la carne y el consumidor (14, 30).

El efecto más marcado de los Agonistas β -adrenérgicos es alterar selectivamente el depósito de proteína, promoviendo su depósito en músculo (9, 14, 17, 30, 35, 38), hígado, riñon y tracto gastrointestinal debido a un incremento en la retención de nitrógeno (14, 26), no así en piel y hueso como ocurre con la somatotropina (35). No incrementa el peso de vísceras como sucede en los tratamientos con hormonas esteroides (30). Similarmente los

depósitos de grasa subcutánea, abdominal e intermuscular son reducidos (9, 14, 17, 26, 30, 35, 38), al estimularse la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo a la sangre (26). Lo anterior se traduce en mayor desarrollo muscular, menor grasa en la carne y por tanto mayor rendimiento en canal y mejor calidad de la misma (11, 14, 17, 26).

Algunos investigadores han observado que éstos compuestos pueden tener efecto sobre la eficiencia en la utilización de los nutrimentos y ganancia de peso (9, 14, 26, 30, 35, 38). Se menciona que el flujo de nutrimentos va directamente a la deposición muscular de proteína con la consecuente mejora en la eficiencia alimenticia y composición de la canal (14). Algunas observaciones indican que ciertas modificaciones en la composición de la dieta, podrían maximizar la respuesta del animal a la administración de Agonistas β -adrenérgicos (14, 30). Se sugiere que el nivel de proteína interactúa con la efectividad de Agonistas β -adrenérgicos en la promoción de nitrógeno, se ha demostrado que el fármaco es más efectivo cuando el consumo de proteína ó los niveles de aminoácidos en la dieta son altos (9, 30). La magnitud de respuesta en términos de depósito de proteína en músculo, depende también de los niveles de dosificación, el tipo de Agonista β -adrenérgico empleado, el tipo genético del animal, el género, la duración del tratamiento y la dieta utilizada (9, 31, 35). La relación entre depósito de proteína y proteína de la dieta, se puede describir con una gráfica de línea en meseta. En esta se estima que la proteína de dietas que contienen 14% y 16% de proteína fueron requeridas para sostener una deposición máxima de proteína a tasas de 91 g y 112 g al día respectivamente en lechones recibiendo 0 y 20 ppm de ractopamine (Esquema No. 3) (4, 9).

Dunshea (9), observó un incremento en la deposición de proteína durante la suplementación de ractopamine a dietas con baja

proteína (12%) en cerdos seleccionados para ganancia rápida de tejido magro. Por otra parte, cerdos seleccionados para ganancia de tejido magro sobre raciones altas en proteína (24%) no respondieron al ractopamine cuando la dieta contenía 12% pero sí cuando se incrementó a 24%.

Existen informes de que los Agonistas β -adrenérgicos reducen el consumo voluntario, sin afectarse la ganancia de peso (26, 30, 35), debido a los efectos de cimaterol, clenbuterol (26) y ractopamine; por consiguiente, es necesario suministrar una mayor concentración de nutrimentos para sostener un incremento máximo de deposición de proteína (35). Algunos estudios mostraron que los cerdos alimentados con dietas que contenían cimaterol ganaron aproximadamente la misma tasa que el grupo control pero consumieron menos alimento (9, 38).

En un experimento realizado con ovinos, empleando cimaterol a dosis de 0.022, 0.037, 0.057 y 0.095 mg/kg de peso vivo, aplicado diariamente por vía parenteral en el área del pecho con 2 ml. de solvente, se observó que la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia y el peso de la canal fueron incrementados con dosis de 0.022 mg/kg de peso vivo. En otro experimento administrando cimaterol por vía oral a tres niveles de dosificación: 0.03, 0.06, 0.12 mg/kg de peso vivo diariamente durante 8 semanas, se observó un incremento en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia (14). En un experimento administrando cimaterol a dosis de 10 ppm en ovinos, hubo diferencias significativas sobre ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, además de mejorar el peso en canal y reducir el espesor de la grasa dorsal (26).

En bovinos la administración de cimaterol a dosis de 0, 8.25, 12.38 y 16.5 mg/kg de concentrado, durante 13 semanas en vacas

con 529 kg de peso promedio, demostró efecto positivo sobre el peso vivo final, peso en canal y reducción en el contenido de grasa (14, 26).

El cimaterol utilizado en aves a dosis de 0.25 mg/kg de alimento durante 20 días, mostró efecto positivo en tasa de crecimiento, consumo de alimento y eficiencia alimenticia (14). El clenbuterol en esta misma especie, mejoró la ganancia de peso, la masa muscular y mostró reducción en los depósitos de grasa, mejorando la calidad de la canal (26).

Los Agonistas β -adrenérgicos demostraron alterar la tasa y patrón de crecimiento tisular en cerdos (9, 14, 17, 26, 30, 35, - 38). En un experimento con 240 cerdos con peso promedio de 65 kg, tratados con cimaterol a dosis de 0.25, 0.5 y 1.0 ppm. Se observó que el fármaco disminuyó hasta un 10% el depósito de grasa en la canal, aumentando en este mismo porcentaje la masa muscular, obteniéndose mayor rendimiento en canal, y mejor calidad de la misma. No se observó efecto del fármaco sobre ganancia de peso (17). En otro trabajo administrando cimaterol a dosis de 0.05 mg/kg de alimento, se observó mejoría en la ganancia de peso, rendimiento en canal y menor espesor en la grasa dorsal (14). En un experimento efectuado en México (1990), empleando 85 cerdos con peso promedio de 65 kg. Se administró isoproterenol a dosis de 0.25, 0.5, 1.0 y 0.0 mg/kg de alimento, observándose diferencias significativas en los tres niveles de dosificación para el rendimiento en canal y peso en canal. No se observó diferencia significativa en la ganancia de peso. La mejor respuesta del fármaco a la variable espesor de la grasa dorsal, fué a dosis de 0.5 mg/kg de alimento (26).

En un experimento empleando cimaterol en cerdos de 10 kg de peso hasta alcanzar 60 kg, se observó que el fármaco no tiene e -

fecto sobre la ganancia de peso en cerdos de rápido crecimiento, ni sobre la distribución de la grasa corporal y características de la canal, debido que es hasta después de los 60 kg cuando empieza a desarrollarse al máximo la deposición de grasa corporal (26). Los mismos resultados fueron observados por Dunshea (9), quien concluyó que la edad ó fase de crecimiento rigen la respuesta a β -agonistas.

En otro experimento para evaluar el efecto de Agonistas β - adrenérgicos sobre el sexo, se observó que el cimaterol incrementó el área del ojo de la chuleta a mayor extensión en machos castrados que en hembras. Clenbuterol mejoró la composición de la canal en mayor grado en machos castrados que en hembras. Los mismos resultados se observaron con salbutamol en espesor de la grasa dorsal. Ractopamine redujo la ganancia diaria en promedio, en hembras pero no en machos castrados y la proporción de músculo en la canal fué incrementada en ambos. Se observó que el ractopamine no mejoró la ganancia de peso en machos enteros. El espesor de la grasa dorsal se redujo en todos los géneros. Aún existe información limitada sobre el efecto de Agonistas β -adrenérgicos en machos enteros (9).

Se informa que los cerdos tratados con cimaterol manifiestan una tendencia a mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia. Observándose una reducción de la grasa en la canal y un incremento en el área del ojo de la chuleta. De igual manera se observó que el retiro de cimaterol de la dieta, por un corto periodo de 7 días, resultó en una acumulación compensatoria de grasa en depósitos internos y subcutáneos, además de incrementar el consumo voluntario sobre los grupos control. Se sugiere tomar como medida la restricción del consumo de alimento durante la fase de retiro para causar un mínimo en la deposición de grasa (9, 38).

La incorporación de los modificadores del sistema endócrino neuronal, Agonistas β -adrenérgicos, en la producción del cerdo podría tener énfasis sobre la necesidad de definir los requerimientos nutricionales del cerdo, sobre la tasa de crecimiento potencial tisular deseado (35).

En México, Los Agonistas β -adrenérgicos aún no se han empleado de manera comercial en la producción porcina y existe poca información de resultados científicos, siendo necesario efectuar más estudios.

O B J E T I V O S

EVALUAR Y COMPARAR EL EFECTO DE LOS AGONISTAS β -ADRENERGICOS : ISOPROTERENOL Y CLENBUTEROL SOBRE GANANCIA DE PESO; CONSUMO VOLUNTARIO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA, ESPESOR DE LA GRASA DORSAL, PESO DE LA CANAL, RENDIMIENTO EN CANAL Y AREA DEL OJO DE LA CHULETA:

EVALUAR EL EFECTO COSTO-BENEFICIO DE LOS A-
GONISTAS β -ADRENERGICOS SOBRE LA PRODUCCION DE
CERDOS EN ETAPA DE FINALIZACION:

H I P O T E S I S

LOS FARMACOS ISOPROTERENOL A DOSIS DE 0.5 mg/kg DE ALIMENTO Y CLENBUTEROL A DOSIS DE 0.5 mg/kg DE ALIMENTO TIENEN EFECTOS IGUALES SOBRE GANANCIA DE PESO, CONSUMO VOLUNTARIO DE ALIMENTO, CONVERSION ALIMENTICIA, ESPESOR DE LA GRASA DORSAL, PESO DE LA CANAL, RENDIMIENTO EN CANAL Y AREA DEL OJO DE LA CHULETA.

MATERIAL Y METODOS :

La presente investigación se realizó en una granja comercial, ubicada en el barrio de Santa Bárbara, Municipio de Teoloyucan, Estado de México.

Este municipio se encuentra localizado con respecto al meridiano de Greenwich a $99^{\circ} 10' 53''$ de longitud oeste y a $19^{\circ} 44' 48''$ de longitud norte, a una altura sobre el nivel del mar de 2,400 m. Tiene un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano y temperatura media de 14.9° C, con una máxima de 32.5° C y una mínima de 7.5° C. La precipitación pluvial es de 627.92 mm anuales en promedio, con vientos dominantes del norte (7).

Se utilizaron 90 cerdos híbridos en etapa de finalización de las razas duroc, yorkshire, hampshire y landrace. Siendo 60 machos castrados y 30 hembras. Se asignaron al azar en 9 lotes de 10 animales cada uno, administrándose 3 tratamientos. Se hicieron 3 grupos, con 2 lotes de machos castrados y 1 de hembras pa - ra cada tratamiento, quedando bajo el siguiente diseño :

| GRUPOS | TRATAMIENTO | DOSIS | No. LOTES | CERDOS/ LOTE | TOTAL CERDOS |
|--------|---------------|--------|-----------|-----------------|-----------------|
| I | Testigo | 0.0 mg | 3 | 10 | 30 |
| II | Isoproterenol | 0.5 mg | 3 | 10 | 30 |
| III | Clenbuterol | 0.5 mg | 3 | 10 | 30 |

Los animales de los tres grupos se alimentaron durante todo el periodo de prueba, con una dieta balanceada de engorda al 15.44 % de proteína cruda en base húmeda (cuadro No. 1), a la que se le adicionaron los fármacos.

Los agonistas β -adrenérgicos Isoproterenol* (adquirido en sal pura) y Clenbuterol** (adquirido como Atermerin Clenbuterol***), se obtuvieron en una primera premezcla a razón de 0.5 g/0.250 kg de vehículo, para finalmente quedar en una segunda premezcla a 250 g/4.750 kg de vehículo. Ambos fármacos se adicionaron en el alimento, por separado, a razón de 5 kg de premezcla/955 kg de alimento. La dosis empleada fué de 0.5 mg/kg de alimento. El grupo control no tuvo adición de fármaco.

Al inicio del experimento los cerdos fueron pesados por lote, determinandose un peso promedio de 70.4 kg para los machos y de 57.5 kg para las hembras. Al término de la prueba, se pesaron individualmente para determinar el peso vivo final. El periodo de prueba fué de 60 días para el grupo control, 62 días para el grupo clenbuterol y 65 días para el grupo isoproterenol. Para efectos estadísticos se ajustaron algunos parámetros como peso vivo final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a 60 días de prueba para los tres tratamientos con la finalidad de facilitar su análisis.

El consumo voluntario de alimento se evaluó por lote, estimando se un promedio de consumo por animal.

Los animales fueron sacrificados al llegar a peso de mercado, determinandose para los machos de 105.65 kg x y de 87.34 kg x para las hembras.

* Donado por el MVZ. Humberto Troncoso A. Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ. UNAM.

** Donado por el Ing. Raúl Katthain A. Director de Germantown MFG. CO. S.A. de C.V.. Este fármaco se comercializa en los E.U.A. por American Cyanamid.

*** Se denomina a la sal atenuada del Clenbuterol.

Se estimó peso de la canal en forma individual, así como medida del espesor de la grasa dorsal en centímetros a tres niveles (primera costilla, última costilla, última vértebra lumbar) y fueron promediados para obtener un solo valor, de acuerdo a la técnica empleada por Vázquez (41). También se tomó espesor de la grasa dorsal sobre la línea paravertebral a la altura de la 10ª costilla, de acuerdo a la técnica sugerida por Donald (8).

Por último, se determinó el área del ojo de la chuleta, efectuando un corte transversal a la altura de la 10ª costilla (41). Los animales estudiados por grupo para evaluar este parámetro fueron: grupo control (4 machos, 4 hembras); grupo isoproterenol (4 machos, 3 hembras); y, grupo clenbuterol (2 machos, 3 hembras).

Para determinar el rendimiento en canal, se consideró la diferencia existente entre el peso vivo final y el peso en canal, expresándose en porcentaje.

Los resultados obtenidos fueron interpretados con la técnica de Análisis de Varianza para prueba de hipótesis y una prueba de Tuckey para determinar significancia (24, 36).

Los parámetros evaluados fueron:

- a) Ganancia de peso promedio en kg.
- b) Consumo total de alimento en kg.
- c) Conversión Alimenticia.
- d) Espesor de la grasa dorsal en tres niveles.
- e) Espesor de la grasa dorsal en la 10ª costilla.
- f) Peso de la canal.
- g) Rendimiento en canal.
- h) Área del ojo de la chuleta.

Con fines estadísticos el análisis de resultados de hembras fué separado del estudio de resultados de machos castrados para observar diferencia entre sexo.

R E S U L T A D O S :

En los cuadros No. 2 y No. 3, se muestran los valores promedio obtenidos de los parámetros evaluados en cerdas y cerdos castrados, respectivamente.

En el cuadro No. 4, se observan los resultados obtenidos en ganancia de peso en cerdos machos castrados.

En el cuadro No. 5, se muestran los resultados obtenidos en el peso vivo final en cerdos machos castrados.

El cuadro No. 6, muestra los resultados obtenidos para el peso en canal en cerdos machos castrados.

En el cuadro No. 7, se observan los resultados obtenidos en el rendimiento en canal en cerdos machos castrados.

El cuadro No. 8, muestra los resultados obtenidos en la eficiencia de la conversión alimenticia en cerdos machos castrados.

Los cuadros No. 9 y No. 10, muestran los resultados obtenidos en la evaluación del espesor de la grasa dorsal a tres niveles (primera costilla, última costilla, última vértebra lumbar), en cerdos machos castrados y cerdas respectivamente.

En el cuadro No. 11, se muestra el resultado obtenido en cerdas para el espesor de la grasa dorsal evaluado en la 10ª costilla.

Los cuadros No. 12, No. 13 y No. 14, muestran el análisis costo-beneficio efectuado en cerdas, cerdos castrados y cerdas-cerdos castrados respectivamente, tratados con los agonistas β -adrenérgicos.

D I S C U S I O N

En el análisis de varianza de los resultados obtenidos, se observaron diferencias estadísticas significativas en los parámetros productivos estudiados de los grupos tratados con los fármacos adicionados, con respecto al grupo control.

Se observó que los fármacos isoproterenol a dosis 0.5 mg/kg de alimento y, clenbuterol a dosis de 0.5 mg/kg de alimento fueron eficientes en mejorar ($p < 0.01$) el espesor de la grasa dorsal a tres niveles, mostrando una reducción del 33% para clenbuterol y del 63% para isoproterenol en machos castrados. En hembras se observó una reducción de 79% en ambos fármacos en relación al testigo (Cuadros No. 9 y No. 10). El espesor de la grasa dorsal en la línea paravertebral a la altura de la 10ª costilla fué mejorado ($p < 0.01$) únicamente en hembras en un 76.25% de reducción para ambos fármacos con respecto al grupo control (cuadro No. 11).

Resultados similares fueron encontrados por Thacker (38), quien observó un 13.8% de reducción en la grasa de la canal. Stahly (35), observó una reducción del 10% en la grasa total de la canal con un incremento de 53% a 58% en la masa muscular de la canal. Hanrahan et al (14), observaron una reducción del 20% de grasa en la canal empleando clenbuterol. Reeds y Mersmann (30), observaron que la reducción en la tasa de deposición de grasa en animales tratados con Agonistas β -adrenérgicos, puede tener un amplio rango, que va desde un 23% a un 72%, dependiendo de diversos factores como puede ser la cantidad de aminoácidos contenidos

en la dieta. Stahly (35) y Dunshea (9), también encontraron que la cantidad de proteína contenida en la dieta, además de la duración del tratamiento, el sexo, la fase de crecimiento, los niveles de dosificación y el tipo de Agonista β -adrenérgico empleado influyen en la magnitud de la respuesta.

Se observó que el peso en canal se mejoró ($p < 0.01$) en machos castrados, mostrando un incremento de 17.1% para clenbuterol y de 20.8% para isoproterenol (cuadro No. 6). El rendimiento en canal mostró diferencia estadística significativa ($p < 0.01$) en machos castrados, incrementándose en un 6.8% y un 4.2% para isoproterenol y clenbuterol respectivamente (cuadro No. 7).

Resultados similares fueron encontrados por Dunshea (9); Gabriel (11); Hanrahan et al (14); Jones et al (17); Ornelas (26); Reeds y Mersmann; Stahly (35) y Thacker (38), quienes observaron que los Agonistas β -adrenérgicos, fueron eficientes en reducir la grasa en la carne, el espesor de la grasa dorsal, mejorando el rendimiento y calidad de la canal.

Este estudio no coincide con Ornelas (26); Reeds y Mersmann (30); Stahly (35) y Thacker (38), quienes observaron una reducción en el consumo voluntario de alimento sin afectarse la ganancia de peso, ni tampoco con Jones et al (17), quienes no encontraron mejoras en la ganancia de peso en cerdos en finalización. En este trabajo no se observaron cambios significativos en el consumo voluntario de alimento, sin embargo la ganancia de peso se mejoró ($p < 0.05$) en un 24% y 26.5% para isoproterenol y clenbuterol respectivamente en machos castrados (cuadro No. 4). Los mismos resultados observó Dunshea (9) en cerdos castrados y hembras utilizando niveles de salbutamol arriba de 8 ppm.

El peso vivo final se mejoró ($p < 0.01$) en machos castrados en un 10.6 % para el grupo tratado con isoproterenol y en un 11.9 % para el grupo tratado con clenbuterol (cuadro No. 5).

Dunshea (9) y Thacker (38), informaron sobre la tendencia de los Agonistas β -adrenérgicos a mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia. En este estudio también se observó que la eficiencia en la conversión alimenticia se mejoró ($p < 0.05$) por ambos fármacos en cerdos castrados en un 25.2 % para clenbuterol y un 22 % para isoproterenol (cuadro No. 8).

No se observaron diferencias estadísticas significativas en el análisis del área del ojo de la chuleta, como lo observó Dunshea (9), en un experimento en que el área del ojo de la chuleta mejoró a mayor extensión en machos castrados que en hembras, y Hanrahan et al (14), quienes observaron un incremento del 13 % como resultado del tratamiento con cimaterol. Se considera que la muestra para evaluar este parámetro fué pequeña en cada grupo, ya que tomar esta medición implica seccionar el lomo, representando un inconveniente para los fines comerciales de las canales.

Se observó que algunos de los parámetros estudiados en hembras, mostraron un comportamiento errático y poco definido.

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO :

Los cuadros No. 12, No. 13 y No. 14, muestran el análisis correspondiente a hembras, machos y hembras-machos respectivamente.

El costo /kg de alimento fué 0.15 % y 1.32 % más alto para los grupos tratados con isoproterenol y clenbuterol respectivamente en relación al testigo.

En el cuadro No. 12 (♀), se observa que el costo de alimentación por animal fué 17.8 % y 1.3 % más alto para los grupos tratados con isoproterenol y clenbuterol respectivamente, en relación al grupo testigo. El costo por kilogramo de carne producido fué 3.9 % más alto para el grupo tratado con isoproterenol, respecto al testigo. El grupo clenbuterol fué 7.6 % más bajo en relación al testigo y 11.12% respecto a isoproterenol. Los grupos testigo e isoproterenol, mostraron un déficit por kilogramo de carne producido de \$ 266.21 y \$ 455.46 respectivamente. El clenbuterol tuvo una utilidad de \$ 93.31.

En el cuadro No. 13 (♂), se observa que el costo de alimentación por animal fué 2.5 % más alto para el grupo isoproterenol con respecto al testigo, y en el grupo clenbuterol se redujo en 1.8 %. El costo por kilogramo de carne producido, mostró una reducción de 6.28 % y 7.81 % para los grupos isoproterenol y clenbuterol respectivamente en relación al testigo. El grupo testigo presentó un déficit de \$ 293.00 por kilogramo de carne producido, los grupos isoproterenol y clenbuterol tuvieron una utilidad de \$ 6.17 y \$ 79.15, respectivamente, en este concepto.

En el cuadro No. 14 (p. 5), se observa que el costo de alimentación por animal fué similar en los grupos testigo y clenbuterol, el grupo isoproterenol fué 9.37 % más alto respecto a los otros grupos. El costo por kilogramo de carne producido se redujo en un 1.8 % y un 7.7 % en los grupos tratados con isoproterenol y clenbuterol respectivamente en relación al grupo testigo. Los grupos control e isoproterenol mostraron un déficit de \$ 281.20 y \$ 195.44 respectivamente en kilogramo de carne producido. El grupo clenbuterol mostró una utilidad de \$ 85.14.

Se observó que algunos grupos no fueron económicamente rentables. Se considera que los resultados obtenidos no son representativos por la muestra que fué pequeña, probablemente un estudio con una muestra más grande pudo arrojar otros resultados, en que fuera manifiesta la rentabilidad.

C O N C L U S I O N E S

Se concluye que los Agonistas β -adrenérgicos, Isoproterenol y Clenbuterol, fueron eficientes en mejorar el espesor de la grasa dorsal, peso de la canal, rendimiento en canal, ganancia de peso y eficiencia en la conversión alimenticia, en cerdos machos castrados, bajo las condiciones en que se realizó este estudio.

Se sugiere realizar más estudios en hembras con mayor tiempo de tratamiento. Así como en futuras investigaciones emplear una muestra de animales mayor a la evaluada en este trabajo.

CUADRO No. 1

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL ALI
MENTO BALANCEADO EMPLEADO EN LA
EVALUACION DE AGONISTAS β -ADRENER
GICOS:

| | BASE HUMEDA % | BASE 90 MAT. SECA % | BASE SECA % |
|------------------------|------------------|------------------------|----------------|
| Materia seca % | 90.06 | 90.00 | 100.00 |
| Humedad % | 9.94 | 10.00 | 00.00 |
| Prot. Cruda (N*6.25) % | 15.44 | 15.43 | 17.14 |
| Extracto etéreo % | 4.60 | 4.60 | 5.11 |
| Cenizas % | 4.06 | 4.06 | 4.51 |
| Fibra Cruda % | 2.77 | 2.77 | 3.08 |
| Ext. Libre de N % | 63.19 | 63.15 | 70.16 |
| T.N.D. % | 79.15 | 79.10 | 87.89 |
| E.D. kcal/kg (Aprox.) | 3489.70 | 3487.49 | 3874.99 |
| E.M. kcal/kg (Aprox.) | 2861.26 | 2859.44 | 3177.16 |

Fuente: Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bio -
química de la F.M.V.Z. U N A M . (1992).

CUADRO No. 2

Valores promedio de los parámetros obtenidos en cerdas tratadas con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | TESTIGO sin aditivo | ISOPROTERENOL 0.5 mg | CLENBUTEROL 0.5 mg |
|--|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| No. cerdas inicio | 10 | 10 | 10 |
| Peso inicial x | 57.8 | 57.6 | 57.3 |
| Peso final x | 84.6 | 84.4 | 91.3 |
| Días de prueba | 60 | 60 | 60 |
| No. cerdas final | 10 | 10 | 10 |
| Aumento total de peso x (kg). | 26.8 | 26.76 | 33.96 |
| Aumento diario de peso x (kg) | 0.446 | 0.446 | 0.566 |
| Consumo total alimento x (kg) | 102 | 120 | 102 |
| Consumo diario alimento x (kg). | 1.7 | 2.0 | 1.7 |
| Conversión alimenticia | 3.81 | 4.48 | 3.0 |
| Peso en canal | 71.1 | 72.4 | 77.4 |
| Rendimiento en canal (%) | 84.04 | 85.82 | 84.81 |
| Espesor de la grasa dorsal (3 niveles) | 4.3 | 2.4 | 2.4 |
| Espesor de la grasa dorsal (10ª costilla) | 3.21 | 1.96 | 1.7 |
| Area del ojo de la chuleta (cm) | 73.4 | 87.9 | 85.28 |

CUADRO No. 3

Valores promedio de los pa -
rámetros obtenidos en cerdos cas-
trados, tratados con Agonistas β -
adrenérgicos.

| GRUPOS | TESTIGO sin aditivo | ISOPROTERENOL 0.5 mg | CLENBUTEROL 0.5 mg |
|---|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| No.cerdos inicio | 20 | 20 | 20 |
| Peso inicial x (kg) | 68.7 | 71.15 | 71.55 |
| Peso final x (kg) | 98.75 | 108.45 | 109.75 |
| Días de prueba | 60 | 60 | 60 |
| No.cerdos final | 20 | 20 | 20 |
| Aumento total de peso x (kg) | 30.05 | 37.32 | 38.04 |
| Aumento diario de peso x (kg) | 0.500 | 0.657 | 0.655 |
| Consumo total alimento x (kg) | 126 | 129 | 123 |
| Consumo diario alimento x (kg) | 2.10 | 2.15 | 2.05 |
| Conversión alimenticia | 4.19 | 3.26 | 3.13 |
| Peso en canal (kg) | 79.5 | 96.05 | 93.1 |
| Rendimiento en canal (%). | 80.5 | 86 | 83.9 |
| Espesor de grasa dorsal (3 nive- les) (cm) | 3.75 | 2.3 | 2.8 |
| Espesor de grasa dorsal (10 ^a costilla) (cm) | 3.18 | 1.86 | 2.39 |
| Area del ojo de la chuleta (cm) | 54 | 86.07 | 79.8 |

CUADRO No. 4

Valores promedio y tabla ANOVA de la ganancia de peso obtenida en cerdos castrados tratados con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|--------|--------------|---------------------|--------------------|
| x | 30.05 | 37.32 | 38.04 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|-------|-------|------|
| Tto. | 2 | 78.13 | 39.06 | 19.6 |
| Error | 3 | 5.98 | 1.99 | |
| Total | 5 | 84.11 | | |

CUADRO No. 5

Valores promedio y tabla ANOVA de el peso vivo final obtenido en cerdos castrados tratados con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I | II | III |
|--------|---------|---------------|-------------|
| | Testigo | Isoproterenol | Clenbuterol |
| x | 98.75 | 108.45 | 109.75 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|--------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 144.51 | 72.25 | 57.34 |
| Error | 3 | 3.79 | 1.26 | |
| Total | 5 | 148.3 | | |

CUADRO No. 6

Valores promedio y tabla ANOVA del peso en canal obtenido en cerdos castrados tratados con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|
| x (kg) | 79.5 | 96.05 | 93.1 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|--------|--------|-------|
| Ttos. | 2 | 311.71 | 155.85 | 50.91 |
| Error | 3 | 9.18 | 3.06 | |
| Total | 5 | 320.89 | | |

CUADRO No. 7

Valores promedio y tabla ANOVA del rendimiento en canal obtenido en cerdos castrados tratados con agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|----------|--------------|---------------------|--------------------|
| x (%) | 80.5 | 86 | 83.9 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|-------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 30.82 | 15.41 | 31.25 |
| Error | 3 | 1.48 | 0.49 | |
| Total | 5 | 32.30 | | |

CUADRO No. 8

Valores promedio y tabla ANOVA de la conversión alimenticia obtenida en cerdos castrados tratados con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|--------|--------------|---------------------|--------------------|
| x | 4.19 | 3.26 | 3.13 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|-------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 1.34 | 0.672 | 13.63 |
| Error | 3 | 0.148 | 0.049 | |
| Total | 5 | 1.49 | | |

CUADRO No. 9

Valores promedio y tabla ANOVA del espesor de la grasa dorsal en 3 niveles, obtenida en cerdos castrados tratados con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|
| x (cm) | 3.7 | 2.3 | 2.8 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 2.14 | 1.07 | 41.15 |
| Error | 3 | 0.08 | 0.026 | |
| Total | 5 | 2.22 | | |

CUADRO No. 10

Valores promedio y tabla ANOVA del espesor de la grasa dorsal en 3 niveles, obtenida en cerdas tratadas con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|
| x (cm) | 4.3 | 2.4 | 2.4 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|-------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 25.89 | 12.94 | 45.16 |
| Error | 27 | 7.74 | 0.286 | |
| Total | 29 | 33.64 | | |

CUADRO No. 11

Valores promedio y tabla ANOVA del espesor de la grasa dorsal, tomado en línea paravertebral a la altura de la 10ª costilla, en cerdas tratadas con Agonistas β -adrenérgicos.

| GRUPOS | I Testigo | II Isoproterenol | III Clenbuterol |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|
| x (cm) | 3.2 | 1.9 | 1.7 |

ANOVA

| FV | GL | SC | CM | FC |
|-------|----|-------|-------|-------|
| Ttos. | 2 | 13.03 | 6.51 | 18.61 |
| Error | 27 | 9.45 | 0.350 | |
| Total | 29 | 22.48 | | |

CUADRO No. 12

Análisis Costo-Beneficio de los Agonistas β -adrenérgicos, empleados en cerdas en etapa de finalización.

| CONCEPTO | TESTIGO | ISOPROTERENOL | CLENBUTEROL |
|-------------------------------------|-----------|---------------|-------------|
| Peso vivo inicial x (kg) | 57.8 | 57.6 | 57.3 |
| Ganancia de peso x (kg) | 26.8 | 26.7 | 33.9 |
| Peso vivo final x (kg) | 84.6 | 84.4 | 91.3 |
| Consumo total de alimento x (kg) | 102 | 120 | 102 |
| Costo/kg de alimento (\$) | 875.62 | 876.96 | 887.25 |
| Costo de alimentación/animal (\$) | 89,313.24 | 105,235.20 | 90,499.50 |
| Costo/concepto de animal (\$) | 258,712.8 | 257,817.2 | 256,474.8 |
| Costos fijos/animal/60 días (\$) | 53,166.00 | 53,166.00 | 53,166.00 |
| Costo/kg de carne producido (\$) | 4,742.21 | 4,931.46 | 4,382.69 |
| Utilidad/kg de carne producido (\$) | -266.21 | -455.46 | 93.31 |

¹ Se calculó considerando el costo/kg de alimento y el consumo total x de alimento.

² Se estimó un valor comercial de \$ 4,476.00/kg de cerdo en pie el inicio del experimento, al no contar con datos de peso vivo y consumo de alimento, anteriores a la fase experimental.

³ Se calcularon en base a los 60 días de duración del experimento : Mano de obra \$ 8,985.00, Medicinas \$ 4,000.00, Agua \$ 1,532.00, Energía eléctrica \$ 576.00, Mantenimiento gral. \$ 5,723.00, Impuestos \$ 1,790.00, Teléfono \$ 366.00, Otros \$ 3,611.00 : Total \$ 53,166.00.

⁴ Se calculó desarrollando la fórmula : (Costo por concepto de animal + Costos fijos/ Peso vivo final) + (Costo de alimentación/ peso vivo final).

⁵ Se obtuvo de la resta de el valor comercial de venta de \$ 4,476.00/kg de cerdo en pie y, el costo de un kg de carne producido.

CUADRO No. 13

Análisis Costo-Beneficio de los Agonistas β -adrenérgicos, empleados en cerdos castrados en etapa de finalización.

| CONCEPTO | TESTIGO | ISOPROTERENOL | CLENBUTEROL |
|-------------------------------------|------------|---------------|-------------|
| Peso vivo inicial x (kg) | 68.7 | 71.15 | 71.55 |
| Ganancia de peso x (kg) | 30.05 | 37.32 | 38.04 |
| Peso vivo final x (kg) | 98.75 | 108.45 | 109.75 |
| Consumo total de alimento x (kg) | | | |
| Costo/kg de alimento (\$) | 126 | 129 | 123 |
| Costo de alimentación/animal (\$) | 875.62 | 876.96 | 887.25 |
| Costo/Concepto de animal (\$) | 110,328.12 | 113,127.84 | 109,131.75 |
| Costos fijos/animal/60 días (\$) | 307,501.20 | 318,467.40 | 320,257.80 |
| Costo/kg de carne producido (\$) | 53,166.00 | 53,166.00 | 53,166.00 |
| Utilidad/kg de carne producido (\$) | 4,769.56 | 4,469.83 | 4,396.85 |
| | -293.00 | 6.17 | 79.15 |

- ¹ Se calculó considerando el costo/kg de alimento y el consumo total x de alimento.
- ² Se estimó un valor comercial de \$ 4,476.00/kg de cerdo en pie al inicio del experimento, al no contar con datos de peso vivo y consumo de alimento, anteriores a la fase experimental.
- ³ Se calcularon en base a los 60 días de duración del experimento : Mano de obra \$ 8,985.00, Medicinas \$ 4,000.00, Agua \$ 1,532.00, Energía eléctrica \$ 576.00, Mantenimiento gral. \$ 5,723.00, Impuestos \$ 1,790.00, Teléfono \$ 366.00, Otros \$ 3,611.00 : Total \$ 53,166.00.
- ⁴ Se calculó desarrollando la fórmula : (Costo por concepto de animal + Costos fijos /peso vivo final) + (Costo de alimentación/peso vivo final).
- ⁵ Se obtuvo de la resta de el valor comercial de venta de \$ 4,476.00/kg de cerdo en pie y, el costo de un kg de carne producido.

CUADRO No. 14

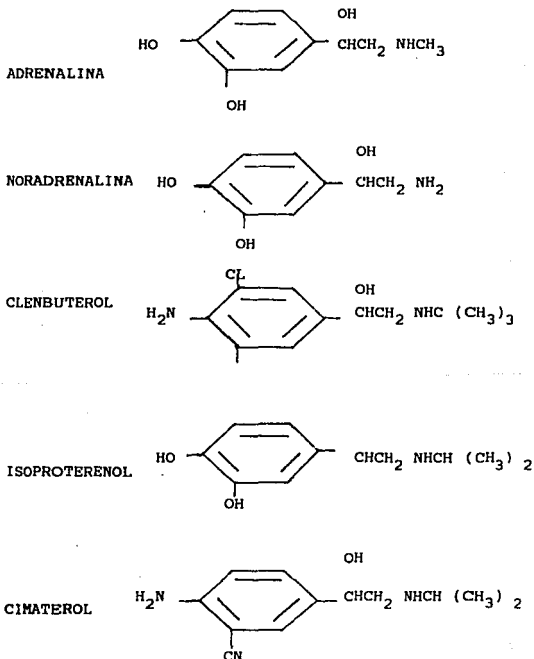
Análisis Costo-Beneficio de los Agonistas β -adrenérgicos, empleados en cerdas y cerdos castrados en etapa de finalización.

| CONCEPTO | TESTIGO | ISOPROTERENOL | CLENBUTEROL |
|--|------------|---------------|-------------|
| Peso vivo inicial x (kg) (♀) | 63.25 | 64.37 | 64.43 |
| Ganancia de peso x (♀) (kg) | 28.42 | 32.06 | 36.09 |
| Peso vivo final x (♀) (kg) | 91.67 | 96.43 | 100.52 |
| Consumo total de alimento x (♀) (kg) | 114.0 | 124.5 | 112.5 |
| Costo/kg de alimento (S) | 875.62 | 876.96 | 887.25 |
| Costo de alimentación/animal x (♀) (S) | 99,820.68 | 109,181.52 | 99,815.63 |
| Costo/concepto de animal x (♀) (S) | 283,107.00 | 288,120.12 | 288,388.68 |
| Costos fijos/animal/60 días (S) | 53,166.00 | 53,166.00 | 53,166.00 |
| Costos/kg de carne producido (S) | 4,757.20 | 4,671.44 | 4,390.86 |
| Utilidad/kg de carne producido (S) | -281.2 | -195.44 | 85.14 |

- ¹ Se calculó considerando el costo/kg de alimento y el consumo total x de alimento de machos y hembras.
- ² Se estimó un valor comercial de S 4,476.00/kg de cerdo en pié al inicio del experimento, al no contar con datos de peso vivo y consumo de alimento, anteriores a la fase experimental.
- ³ Se calcularon en base a los 60 días de duración del experimento : Mano de obra S 8,985.00, Medicinas S 4,000.00 Agua S 1,532.00, Energía eléctrica S 576.00, Mantenimiento gral. S 5,723.00, Impuestos S 1,790.00, Teléfono S 366.00, Otros S 3,611.00 : Total S 53,166.00.
- ⁴ Se calculó desarrollando la fórmula : (Costo por concepto de animal + Costos fijos / Peso vivo final) + (Costo de alimentación/Peso vivo final).
- ⁵ Se obtuvo de la resta de el valor comercial de venta de S 4,476.00/kg de cerdo en pié y, el costo de un kg de carne producido.

FIGURA No. 1

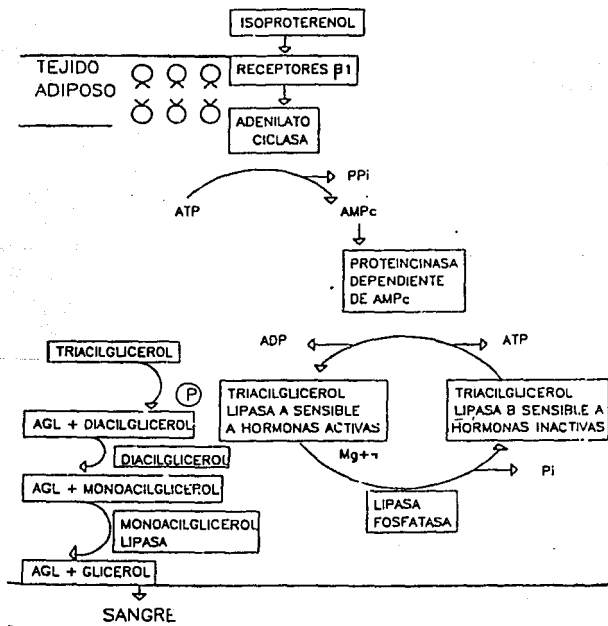
FORMULA QUIMICA DE ADRENALINA, NORADRENALINA Y ALGUNOS AGENTES AGONISTAS β -ADRENERGICOS.



Fuente : Gabriel, A. et al (11); Ornelas, G. J.J. (26).

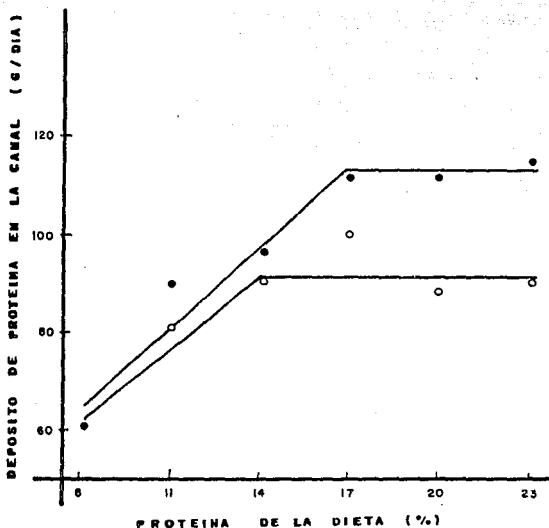
FIGURA No. 2

MECANISMO DE ACCION PROPUESTO PARA EL ISOPROTERENOL:



Fuente : Ornelas, G. J. J. (26).

FIGURA No. 3



Relación entre proteína contenida en la dieta y depósito de proteína en la canal, en lechones alimentados con dietas conteniendo 0 (o) y 20 (●) ppm de ractopamine (9).

Fuente : Dunshea, F. R. (9).

BIBLIOGRAFIA:

- 1 Anstutz, H.B.; Archibald, J.; Armoni, J.; Blood, D.C.; New - borne, P.M.; Snoeyenbos, G.M. : El Manual Merck de Veterinaria. Ed. Merck & C.O. INC. México, 1988.
- 2 Baños, L.C.: La Salinomicina en la Nutrición del Cerdo. Boletín. Depto. Técnico Veterinario. Pfizer S.A de C.V. México, 1985.
- 3 Baños, L.C.: Mecadox : Más que un Aditivo. Boletín. Depto. Técnico Veterinario. Pfizer S.A de C.V. México, 1985.
- 4 Bonneau, M. : Regulation of pig growth by somatotropic hormones : The effect of exogenous GRF or pST administration on meat quality. Pig News and Information. vol. 12 No. 2. (1991).
- 5 Caine, M.F.; Moore : Modo de Acción, Eficacia y Valor Económico de los Ionóforos para Bovinos en Pastoreo. Memorias. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 71-83 (1987).
- 6 Cole, D.J. : Pig Production. Ed. Butterworths. London, 1971.
- 7 Corona, M.A.; Medina, M. : Evaluación del efecto promotor de la oxitetraciclina y el olaquinox en la fase de crecimiento de los cerdos. Tesis de Licenciatura. F.E.S-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1990.

- 8 Donald, L.B.; Merkel, R.A. : Carcass Evaluation and Selection Manual. Ed. Kendall/ Hunt Publishing Co. U.S.A. 1981.
- 9 Dunshea, F.R. : Factors affecting efficacy of β -agonists for pigs. Pig News and Information. vol. 12 No. 2. (1991).
- 10 Flores, J.A. : Ganado Porcino: Cría, Explotación, Enfermedades e Industrialización. 5ª ed. Limusa. México, 1981.
- 11 Gabriel, A.; Clinquart, I.; Dufrasne, C. : Quelques considerations sur l'utilisation des β -Agonist dans le cadre de la production de viande. Ann. Med. Vet. 133: 281-291 (1988).
- 12 Ganongg, W.F. : Fisiología Médica. 11ª ed. El Manual Moderno. México, 1988.
- 13 Gordon, I. : Control en la Crianza de los Animales de Granja. C.E.C.S.A. México, 1989.
- 14 Henrahan, J.P.; Quirke, J.K.; Bomann, W.; Allen, P.; Mc Ewan, J.C.; Fitzsimons, J.M. : β -agonists and their effects on carcass quality. Recent Advances in Animal Nutrition Studies in the Agricultural and Food Sciences. 125-135 (1986).
- 15 Higuera, J.J.A. : La bacitracina como aditivo en la alimentación de pollos de engorda y su efecto sobre la microflora intestinal. Tesis de Licenciatura. F.E.S.Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1980.
- 16 Hoffman, B. : Protein Deposition in Animals. Butterworths. London, 1980.
- 17 Jones, R.W.; Easter, R.A.; Mc Kerth, F.F.; Daligwple, R.H.; Maddock, H.M. and Bechtel, P.J. : Effect of β -adrenergic agonist Cimaterol (CL-236,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. J. Anim. Sci. 61 (4) : 905-913 (1985).

- 18 Ladislao, U. : Crisis Alimentaria en México. Información Científica y Tecnológica. 10: 53-57 (1988).
- 19 Lara, L.J.; Echeverría, C.P. y Carvajal, H.M. : Residuos de antibióticos en carne e hígado de cerdos y aves que se consumen en la ciudad de Mérida. Vet.México. 22: 53-56 (1991).
- 20 Lasley, J.F. : Genética del mejoramiento del ganado. uteha. México, 1982.
- 21 Leeson, T.S. y Lesson, C.R. : Histología. 4ª ed. Interamericana. México, 1984.
- 22 Martin, D.W.; Mayes, P.A.; Rodwell, V. y Granner, D.K. : Bioquímica de Harper. 10ª ed. El Manual Moderno. México, 1986.
- 23 Maynard, L.A.; Loosli, J.K.; Hintz, H.F. y Warner, R.G. : Nutrición Animal. 4ª ed. Mc Graw Hill. México, 1981.
- 24 Mendenhall, W. : Introducción a la Probabilidad y Estadística. Wadsworth International/Iberoamérica. México, 1985.
- 25 Navarro, F.R. : La Genética animal más allá del Rancho. Vet. México. 7: 21-24 (1985).
- 26 Ornelas, G.J.J. : Evaluación del isoproterenol sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal en cerdos en finalización. Tesis de Maestría. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1990.
- 27 Parker, A.C. : Anatomía y Fisiología. 7ª ed. Interamericana. México, 1970.

- 28 Plant, J.W. and Bowler, J.K. : Control of parturition in sheep using Clenbuterol hydrochloride. Aust. J. Res. 65: 91-93 (1988).
- 29 William, R. y Pritchard, D.V. : Alimentando al mundo en el futuro. Av. en Med.Vet. 10: 29-31 (1991).
- 30 Reeds, P.J. and Mersmann, H.J. : Protein and energy requirements of animals treated with β -adrenergic agonists : A Discussion. J. Anim. Sci. 1532-1547 (1991).
- 31 Sainz, R.D.; Wolff, J.E. and Upsdell, M.P. : Effects of Cima-terol on energy utilization for maintenance and for protein and fat deposition by wether and ewe lambs given chopped lucerne hay or lucerne-barley pellets. J. Anim. Sci. 50: 129-139 (1990).
- 32 Scott, J.S.; Berney, C.E.; Derksen, F.J. and Robinson, N.E. : β - Adrenergic receptor activity in ponies with recurrent obstructive pulmonary disease. Am. J. Vet. Res. 52: 1416- 1422 (1991).
- 33 Shimada, A. : Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Consultores en Producción Animal. México, 1984.
- 34 Soto, L.R. : Residuos de estreptomycin, penicilina, tetraciclina en carne y vísceras de bovinos destinados al abasto en el Distrito Federal y área Metropolitana. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1984.
- 35 Stahly, T.S. : Impact of Somatotropin and β adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. Recent Advances in Animal Nutrition. Studies in the Agricultural and Food Sci. 103-111 (1990).
- 36 Steel, R.G. y Torrie, J.H. : Bio-Estadística : Principios y Procedimientos. Mc Graw Hill. México, 1988.

- 37 Tejeda, H.I. : Alternativas al uso de cereales para la alimentación de pollos y cerdos. Boletín. I.N.I.P. México, 1981.
- 38 Thacker, P.A. : Novel Approaches to growth in the pig. Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths. London. 1988.
- 39 Turgut, K. and Sasse, H.H.L. : Influence of Clenbuterol on mucociliary transport in healthy horses and horses with chronic obstructive pulmonary disease. Vet. Rec. 125: 526-530 (1989).
- 40 Molen Van der, E.J.; Baars, A.J.; Graaf, G.J. and Jager, L.P. : Comparative Study of the effect of Carbadox, Olaquinox and Cyadox on Aldosterone, sodium and potassium plasma levels in weaned pigs. Res. in Vet. Sci. 47: 11-16 (1989).
- 41 Vázquez, M.F.; Martínez, G.R. y Chorve, U.R. : Comparación de algunas características de la canal de cerdos híbridos. Vet. México. 19: 53-56 (1988)
- 42 Warris, P.D.; Kestin, S.C.; Rolph, T.P. and Brown S.N. : The Effects of the β -adrenergic agonist Salbutamol on meat quality in Pigs. J. Anim. Sci. 69 (4) : 4487- 4495.