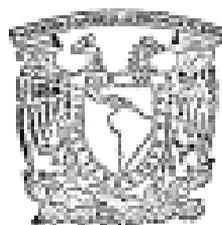


162  
241



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACION DEL ISOPROTERENOL SOBRE EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD  
DE LA CANAL DE CERDOS EN FINALIZACION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL  
PRESENTA

JOSE JUAN ORNELAS GUTIERREZ

Asesores: MVZ. M. Sc. Humberto Troncoso Alzamano  
MVZ. Ph. D. Fernando Pérez-Gil Baso  
MVZ. Oscar Montes Campos  
MVZ. Jaime Alonso Navarro Hernández



México, D. F.

1990



## **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.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
RESUMEN .....	1
INTRODUCCION .....	3
MATERIAL Y METODO .....	23
RESULTADOS .....	30
DISCUSION .....	34
LITERATURA CITADA .....	18
CUADROS .....	51
FIGURAS .....	63

## RESUMEN

ORMELAS GUTIERRES JOSE JUAN. Evaluación del Isoproterenol sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal de cerdos en finalización (Bajo la dirección de: Humberto Troncoso A., Fernando Perás-Gil R., Oscar Montes C. y Jaime A. Navarro N.).

En el presente trabajo se utilizaron 63 cerdos híbridos de tres razas comerciales con un peso promedio de 65 Kg, distribuidos al azar en 4 tratamientos con 11, 22, 33 y 44 cerdos a diferentes niveles de isoproterenol en el alimento (0, 0.25, 0.5 y 1.0 mg/Kg de alimento). Con la finalidad de evaluar el efecto de este  $\beta$ -adrenérgico sobre los parámetros productivos y la calidad de la canal de cerdos en finalización, durante ocho semanas de tratamiento. Al finalizar el experimento se obtuvieron los valores para las variables ganancia de peso, peso en canal, rendimiento en canal y espesor de grasa dorsal. Dichos resultados muestran que existe diferencia significativa por efecto de los tratamientos con isoproterenol en sus tres niveles sobre el espesor de grasa dorsal ( $P < 0.001$ ) con respecto al testigo, la mejor respuesta al fármaco sobre esta variable se observó con dosis de 0.5 mg/Kg de alimento; También se encontraron

diferencias significativas por efecto de isoproterenol en los tres niveles de inclusión para el rendimiento en canal ( $P<0.05$ ) y el peso en canal ( $P<0.05$ ) con respecto al testigo. Aun cuando se observaron diferencias en la ganancia de peso estas no fueron significativas ( $P>0.05$ ).

## INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria desempeña una función importante en la nutrición del ser humano y por lo general se acepta que un 30% de la dieta es complementada con proteínas de origen animal.

El consumo de esta proteína varía enormemente entre países y grupos sociales, lo que se hace evidente si se considera que para 1980 el Banco Mundial, estimó en 780 millones a las personas subalimentadas en el mundo y la FAO en 1979, hizo la predicción de 242 a 267 millones de personas subalimentadas para el año 2000 (35).

Teniendo presente el problema del hambre y la subalimentación en el mundo, se plantea frecuentemente la cuestión de los costos "biológicos" de la producción de proteínas de origen animal, ya que se necesitan en promedio 10 kg de alimentos proteínicos vegetales para producir 1 kg de proteína de origen animal.

Probablemente en el futuro, el fomento de la producción pecuaria continuará con los lineamientos y tendencias actuales, pero cada vez se reconoce que toma mayor importancia la competencia entre hombres y animales, tal es el caso de las especies que dependen de cereales como principales ingredientes de su dieta (35,36).

En cuanto a competencia directa, sería cuestionable, ya que no todos los granos y cereales utilizados para la alimentación de los animales se utilizan para los humanos;

sin embargo, cabe destacar que la cuarta parte de los cereales disponibles en los Estados Unidos se emplean para la elaboración de bebidas alcohólicas, sin concederle mayor importancia al quitarle el pan de la boca a los niños hambrientos. "En ese país, los perros y gatos compiten más directamente con el hombre, consumiendo más de 22,000 millones de libras de alimento al año" (15).

Por lo anterior, se puede deducir que la utilización de granos y/o cereales para la alimentación de los animales cada día se hace más difícil y costosa; ésto ha dado lugar a que los productores pecuarios busquen un mayor aprovechamiento de los alimentos. Para lograr dicho fin, se han utilizado varias tácticas, como son la adquisición de animales con mayor potencial genético, inseminación artificial, programas adecuados de manejo, utilización de instalaciones más funcionales, balancear alimentos y un campo que ha tomado mucho auge es la utilización de compuestos que se adicionan al alimento; de tal manera, que se ha hecho una práctica común la utilización de aditivos con diferentes finalidades como son: aumentar la eficiencia en la utilización de los nutrimentos, aumentar el consumo voluntario, mejorar la producción láctea, estimular el crecimiento, conservar la salud de los animales, dar gustocidad al alimento, etc. (16).

Hoy día existe una gran variedad de compuestos utilizados como aditivos alimenticios y de acuerdo con su función se les puede clasificar como sigue (7,13,32,33,34,61).

- Amino-ácidos
- Amortiguadores
- Antimicrobianos
- Anticoagultantes
- Anticorrosivos
- Antiparasitarios
- Compactantes
- Emulsificantes y estabilizadores
- Hormonales y derivados
- Minerales
- Pigmentos (colorantes)
- Saborizantes y odorizantes
- Secuestrantes
- Vitaminas

Con fines de antecedentes generales, a continuación se hace una descripción breve de cada uno de estos grupos.

**AMINOACIDOS:** Solo existen tres en el mercado de origen sintético, la lisina ECL, DL-Metionina y Treonina, su utilización es como complemento de amino-ácidos en dietas para aves y cerdos principalmente (8,14,15,16,32,36,40).

**AMORTIGUADORES O BUFFERANTES:** Se utilizan como controladores de pH, principalmente en dietas para rumiantes o se adicionan a los ensilados.

Los que más se utilizan en dietas para rumiantes son: bicarbonato de sodio y óxido de magnesio, los que se adicionan a los ensilados son ácidos orgánicos débiles como

el acético, propiónico, málico, fumárico y otros (1,7,23,33,43).

**ANTIMICROBIANOS:** Entre los años 1940 y 1950 se intensificó la investigación sobre la utilización de antimicrobianos como aditivos en el alimento. En 1949, se describió por primera vez el efecto benéfico del empleo de dosis subterapéuticas de estos compuestos sobre la conversión alimenticia. Este efecto en la actualidad no se ha podido aclarar y solo se proponen teorías para tratar de explicarlo, de ellas se tienen las siguientes (7,14,17,23,49,67).

a) Mantienen un bajo nivel de agentes patógenos, lo cual no permite el desarrollo de padecimientos que disminuyen la salud del animal.

b) Evitan la irritación de la mucosa intestinal, de tal manera que el grosor de ésta es menor y permite una mejor absorción de nutrientes.

c) Pueden tener un efecto substitutivo de algunos nutrientes.

De los antimicrobianos más utilizados se pueden mencionar a los siguientes: Tetraciclina, penicilinas, bacitracina, tilosina, oleandomicina, monensina, do. lasaldeído, virginiamicina, carbafox, espiramicina, estreptomicina, etc. (7,23,49,51,53,67).

Por otra parte, un gran número de investigadores advierten los peligros que encierra el empleo de antimicrobianos como aditivos, ya que cada día aumenta la cantidad de microorganismos resistentes y las posibilidades

de efectividad de los fármacos disminuye cada vez más por los mecanismos de recombinación de genes (70).

**ANTICOMPACTANTES:** Se utilizan para absorber la humedad en el alimento y evitar que éste se aglomere, sobre todo en mezclas de vitaminas y minerales. De los más comunes se pueden citar a la bentonita, fosfatos de calcio, óxido de magnesio, sales de aluminio, dióxidos, silicatos, etc. (81).

**ANTIparasitarios:** Los más comunes son los antioocidantes y los oocidicidas como las sulfonamidas, monensina, cobamidas, 6c. Isonicótido, etc.

Existen otros que se adicionan al alimento, pero estrictamente bajo programas de desparasitación y principalmente como vermífugos (7,8,61).

**ANTIOXIDANTES:** Se utilizan para proteger compuestos liposolubles, principalmente ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas. Existen varios de ellos como son:

Hidroxitolueno butilado ( BHT ).

Hidroxianisol butilado ( BHA ).

Ácido ascórbico.

L-Ascórbato de sodio.

Tocoferoles ( Vit. E ).

Selenio.

Eteniquina ( ETQ ) etc. (59,61).

**COMPACTANTES:** Se emplean para el pelletizado o empastillado de alimentos siendo los más comunes:

Almidones de cereales.

Melaza.

Bentonita y otros (41).

**EMULSIFICANTES Y ESTABILIZADORES:** Su utilidad se pone de manifiesto cuando existen sustancias no miscibles en el alimento, ya que éstos lo hacen más homogéneo. Aquí se incluyen compuestos como lecitinas, polioxietileno y sorbitol (41).

**HORMONAS Y DERIVADOS:** Se han utilizado ampliamente los derivados esteroidales, principalmente en forma de implantes en animales destinados al abasto, aunque también existen reportes de su utilización mezclados en el alimento (6,42).

La utilización de estos compuestos se basa en su capacidad para retener nitrógeno y agua en las masas musculares, también se menciona que mejoran la eficiencia alimenticia (5,10,11,41).

Los más utilizados son el 17-beta-estradiol (5,9,10), testosterona (5), progesterona, zeranol (11) y acetato de trenbolona (10).

En cerdos se han utilizado las hormonas esteroidales pero no se han obtenido resultados concluyentes. Además, se menciona un cierto olor y sabor desagradables de la carne de animales tratados con éstos compuestos (34,42).

Otras hormonas que se han empleado para mejorar la producción son la insulina, tiroxina y recientemente el uso de la hormona del crecimiento ha tomado mucho auge por las ventajas que representa en cuanto a velocidad de crecimiento se refiere, siendo uno de sus pocos inconvenientes su inestabilidad por la vía oral, de tal manera que se están

realizando estudios para poderla emplear como aditivo alimenticio y quizás en poco tiempo se encuentre dentro de los aditivos "arogetrópicos" más comentados entre los productores (11,13,14,15,16).

**MINERALES:** Estos se adicionan por norma general como premezclas y de hecho representan un porcentaje fijo dentro de una ración (1-24), aún cuando se han agregado algunos de ellos en forma extra para favorecer la vía metabólica en la que participan, es el caso del selenio que se utiliza para mejorar la síntesis proteica en cerdos (7), el selenio que interviene en la protección de membranas celulares contra la peroxidación, ya que éste forma parte de la glutatión-peroxidasa (18).

**PIGMENTANTES O COLORANTES:** Estos compuestos están circunscritos a la alimentación de las aves de postura como de engorda, su función es las de colorear la yema de huevo de gallinas de postura; la utilización de estos aditivos es exclusivamente para darle presentación al producto, ya que no tiene ningún valor biológico, lo mismo ocurre con la pigmentación del pollo para abasto; generando un costo extra en el proceso productivo que repercute en el consumidor. De los colorantes más utilizados se pueden citar las xantófilas como la luteína, zeaxantina, cantaxantina y criptoxantina( 7,8,9).

**PRESERVATIVOS O CONSERVADORES:** Se utilizan para evitar la proliferación de patógenos en el alimento, sobre todo aquellos alimentos con un alto grado de humedad. Los más comunes son( 81 ).

- Ácido benzoico y benzoato de sodio
- Nitrato de sodio
- Nitrito de sodio
- Ácido propiónico

**SABORIZANTES Y ODORIZANTES:** Se utilizan para enmascarar el mal sabor y olor del alimento, o bien incrementar el consumo de este, principalmente en lechones al destete. Los más utilizados son (81).

- Melaza
- Azúcar
- Vainilla

**SECUESTRANTES O QUELANTES:** Se utilizan cuando llega a existir un exceso de calcio en la dieta, ya que puede bloquear la absorción de otros minerales como hierro, zinc, magnesio, fósforo, etc. El compuesto más común es el ácido etileno-diamino-tetra-acético (EDTA). Aunque existen aminoácidos como la histidina y glicina que se son empleados comercialmente (7,41).

**VITAMINAS:** La utilización de estos compuestos se ha hecho norma en explotaciones porcinas y avícolas, y en mucho menor grado en bovinos, en las dos primeras especies ya se toman como un porcentaje de la ración que va de uno a dos por ciento (7,14,18,59).

Como se puede observar existe una gran variedad de productos utilizados como aditivos alimenticios y todos ellos cumplen su objetivo dentro del animal o en el alimento. Los que toman mayor importancia son los que actúan dentro del animal y esto se sujeta a la especie, por tal motivo hacer una descripción amplia de cada uno de estos productos para cada una de las especies, escapa a los objetivos del presente trabajo, por lo que se limitará a mencionar aquellos que tienen mayor importancia en cerdos y de éstos los que actúan en el organismo.

En cerdos se han utilizado una gran variedad de antimicrobianos tales como: clortetraciclina, bacitracina-sina, tiamulina, carbados, nitrofuranos, dimetridazole, tylosina virginiamicina, entre los más comunes (7,17,18,23,49,53).

También se ha tratado de investigar el efecto de hormonas esteroidales sobre la ganancia de peso, eficiencia alimenticia y calidad de la canal(s), pero no se han obtenido los resultados que puedan marcar la pauta para seguir utilizándolos, pero tampoco para desecharlos; como ejemplo están los trabajos realizados por Sidner et al (3) y Teeque et al (42), quienes observaron que con implantes de dietil-estil-bestrol en verracos se tenían mayores ganancias de peso y mejoraban las masas musculares, así como la calidad de la canal, pero a la vez existía un efecto indeseable en el olor y sabor de la carne de estos animales .

Por otro lado, Flimpton *et al* (34), mencionaban que el mal olor y sabor de la carne se pueda disminuir al utilizar implantes de dietil-stil-bestrol a una dosis de 94 mg. en animales de 70.4 kg. hasta que alcanzan un peso de 90-100 kg.

Widner *et al*. (5) demostraron que los machos ganan peso más rápido, pero también encontraron que son menos eficientes que las hembras. En suma, estos resultados indican que existe un efecto genético debido a sexo y raza(35).

Una alternativa sería buscar otra vía para mejorar los parámetros mencionados para cerdos.

Analizando y considerando lo anterior, algunos investigadores se han enfocado en la utilización de compuestos que pudieran tener las ventajas de los agentes anabólicos en cerdos, sin generar un perjuicio sobre los parámetros productivos ni en la calidad de la canal (36,37,40,56,60,72).

En este sentido se han encontrado beneficios en sustancias como los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos, que hasta hace pocos años sólo se utilizaban para tratar el asma bronquial y como antiabortivos en humanos; para estos padecimientos se utilizaban la isoprenalina y el salbutamol respectivamente (37,51).

En animales su empleo fue limitado, ya que sólo se utilizaron para tratar el bloqueo cardíaco en perros, hasta que algunos investigadores encontraron que estos compuestos pueden tener efecto sobre la eficiencia de utilización de los nutrientes, ganancias de peso y calidad de la canal por su

efecto sobre la distribución de la grasa corporal en los animales. Por estudios realizados en cerdos, aves, ovinos, y bovinos; se demostró que estos compuestos pueden modificar los parámetros productivos antes mencionados y en las especies citadas (1,19,20,22,24,30,45,46).

Varios estudios han demostrado que la adrenalina y noradrenalina (catecolaminas) estimulan la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo a la sangre, así como también incrementan la retención de nitrógeno, de tal manera que varios autores proponen la utilización de análogos de estos neurotransmisores  $\beta$ -adrenérgicos como el clenbuterol, cimaterol y ractopamina. Los cuales realizan una función similar en los depósitos de grasa y sobre la retención de nitrógeno; esto fue plenamente demostrado por Beckman et al. (2) quienes realizaron estudios en ovinos, encontrando que al utilizar cimaterol a dosis de 10 ppm en esta especie, había diferencias significativas sobre la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, además de mejorar el peso en canal y reducir el espesor de grasa dorsal.

También en estudios realizados por Halryuple et al. (24) en aves al utilizar clenbuterol a dosis de 0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 y 4.0 ppm en el alimento, encontraron que este fármaco mejora las ganancias de peso, masa muscular y disminuye los depósitos de grasa; de tal manera que se mejora la calidad de la canal. También los mismos autores mencionan que los mejores promedios para las variables antes señaladas se

obtuvieron en machos habiendo de tal manera un efecto de sexo.

Haraban *et al.* (35) realizando estudios en bovinos obtuvieron mejoras por efecto del tratamiento, al utilizar cimaterol a dosis de 0, 0.15, 12.30 y 18.5 mg/kg de concentrado durante 13 semanas en vacas de 519 kg en promedio, demostrándose que el fármaco ejerce un efecto positivo sobre el peso final de los animales (mejores ganancias de peso), peso en canal y contenido de grasa. También estos autores reportan estudios realizados en cerdos en donde se administró cimaterol a dosis de 0.05 mg/kg de peso vivo, encontrándose que el producto mejoró las ganancias de peso y el rendimiento en canal así como el espesor de grasa dorsal resultó menor en el grupo tratado que en el testigo; estos resultados concuerdan con los reportados por Jones *et al.* (37) en donde utilizaron 148 cerdos con un peso promedio de 45 kg tratados con cimaterol a dosis de 0, 0.15, 0.5 y 1.8 ppm y encontrándose que el producto disminuye hasta un 18% los depósitos de grasa, aumentando en este mismo porcentaje las masas musculares, de tal manera que se obtiene mayor rendimiento en canal y mejor calidad de la misma. Los mismos autores mencionan que el fármaco no produjo efecto sobre las ganancias de peso, Concordando esto con lo reportado por Prince *et al.* (38).

Hersman *et al.* (43) al utilizar cimaterol en cerdos de 10 kg de peso hasta alcanzar 60 kg encontraron que dicho producto no tiene efecto sobre las ganancias de peso de

cardos en rápido crecimiento, ni tampoco se observa un efecto significativo sobre la repartición de la grasa corporal, debido a que no se sino hasta después de los 60 Kg cuando se empieza a desarrollar al máximo la deposición de grasa corporal.

Kanter et al. (22) concluyen que los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos mejoran la calidad de la canal, eficiencia alimenticia y las ganancias de peso; éstas últimas aún cuando existen son inconsistentes.

Dentro de los llamados agonistas  $\beta$ -adrenérgicos están las catecolaminas: adrenalina, noradrenalina y derivados de éstas como: salbutamol, isoprenalina e isoproterenol y orcioprenalina dentro de las más comunes (21,22,27,31,32).

En los últimos años la industria farmacéutica ha desarrollado otros compuestos  $\beta$ -adrenérgicos que actúan selectivamente sobre el tejido adiposo sin comprometer otros tejidos en los que actuarían normalmente las catecolaminas; tales compuestos como el cimaterol, ractopamina, clenbuterol y L644,988(\*\*), en la figura 2 se muestra la estructura química de algunos de estos agentes (3,4,32).

Estos compuestos ejercen su efecto al activar a los receptores  $\beta$ -adrenérgicos, específicamente a los del subtipo  $\beta_1$  de los tejidos adiposo (73) y muscular (24,32).

En general, su mecanismo de acción se lleva a cabo cuando se ponen en contacto con el receptor específico

---

\*\* Cimaterol American Cyanamid, Ractopamina Eli-Lilly, L644,988 Merck Sharp and Dohme Labs.

activando a la adenilato-ciclasa que convierte el ATP en 3'5' AMP, esta sustancia promueve la activación de lipasa en el adipocito para posteriormente liberar ácidos grasos a la sangre (28,42,44,51).

Existen reportes que mencionan una disminución del consumo voluntario sin afectarse las ganancias de peso, debido a los efectos del cimaterol y cimbuterol; para otros el efecto sobre ganancia de peso y conversión alimenticia es inconsistente, pero está plenamente demostrado que mejoran la calidad de la canal (3,36,43,46,53).

## FISIOLOGIA DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso es el encargado de regular y coordinar la mayor parte de las funciones del organismo y por su disposición anatómica y funcional consta de una parte central o integradora, sistema nervioso central (SNC) y una serie de proyecciones a los diferentes órganos por donde se percibe la información del medio ambiente (interno o externo) y se emite la respuesta después de haber sido analizada la información por el SNC (44).

La conducción nerviosa corporal se hace a través de dos sistemas distintos: El sistema nervioso periférico (nervios somáticos), que regula la actividad motora y sensitiva musculoesquelética y el sistema nervioso autónomo (SNA) que regula la actividad de glándulas exocrinas, músculo liso y cardíaco (25,31,40,44).

Se denomina sistema nervioso autónomo o involuntario, vegetativo o eferente visceral al conjunto de dispositivos periféricos y centrales que regulan, ajustan y coordinan las actividades inconscientes o involuntarias viscerales; este sistema a su vez se subdivide en sistema nervioso simpático, sistema nervioso parasimpático y un tercer componente que es el sistema purinérgico, que aún se encuentra en estudio (31,40,44,66).

De los dos primeros se sabe que ambos forman ganglios, es decir, la fibra nerviosa que llega al órgano efector deriva de un ganglio que se localiza fuera del SNC, pero las fibras que dan origen a estos ganglios tienen su cuerpo

celular dentro del SNC. En el esquema se muestra la división del sistema nervioso (31,60,64).

El sistema nervioso simpático que es el que se considera de interés para el presente trabajo, también se denomina adrenérgico, aunque el neurotransmisor comúnmente encontrado no es la adrenalina sino su precursor químico, la noradrenalina. El sistema nervioso simpático se origina de los segmentos torácico y lumbar de la médula espinal. Sus fibras preganglionares son cortas y pasan a formar la cadena ganglionar simpática que se sitúa a los lados de la columna vertebral, para desde ahí mandar la inervación a los diferentes órganos y tejidos, entre los que encontramos a las vísceras digestivas, corazón, pulmón, órganos sexuales, tejido adiposo, riñones, vejiga urinaria, etc. (31,60,64).

El efecto del sistema nervioso simpático, al igual que en otros sistemas, se lleva a cabo por la activación de receptores específicos localizados en las membranas celulares de los órganos que inerva. Dicha activación se realiza cuando el neurotransmisor se pone en contacto con su receptor: en el caso que nos ocupa el efecto se desencadena cuando el neurotransmisor adrenérgico se pone en contacto con su receptor específico y de esta manera se activa la adenilato ciclasa, enzima que convierte el ATP en AMP cíclico ( $3',5'$  AMP), que actúa como segundo mensajero o mensajero intracelular para que se dé una función específica (26,32,65,73).

La respuesta a la estimulación simpática puede ser variable y en algunos casos contraria; ésto ha llevado a la identificación de dos tipos de receptor simpático en las células efectoras: receptores  $\alpha$  y  $\beta$ , de los cuales existen subtipos  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  (23,31,32,40,43,73).

Como ya se mencionó los receptores son específicos para un neurotransmisor o agonista, de tal manera que un fármaco mimético puede tener mayor o menor afinidad por un tipo de receptor, que otro mimético sobre el mismo receptor (24,25,44,51).

Los agonistas naturales del simpático son la adrenalina, noradrenalina y dopamina, los cuales presentan diferente afinidad por los receptores; la adrenalina tiene efectos  $\alpha$  a dosis altas y los efectos  $\beta$  son de mayor duración a dosis bajas. La noradrenalina presenta mayor afinidad por los receptores  $\alpha$  que por  $\beta$  (24,51,73).

De los agonistas sintéticos se sabe que isoproterenol tiene mayor afinidad que la adrenalina y noradrenalina por los receptores  $\beta_1$  del tejido adiposo, pero tiene menor efecto sobre dichos receptores que el clambuterol (71).

En general todos estos compuestos activan a la adenilato ciclasa, que convierte el ATP en AMP cíclico (ANPC), que actúa como un segundo mensajero para que se lleve a cabo la función; en la figura 7 se describe el mecanismo de acción del isoproterenol sobre el tejido adiposo (42).

Resumiendo el efecto del isoproterenol sobre el tejido adiposo, este consiste en activar receptores  $\beta_1$  y así

promover la lipólisis , elevando la cantidad de ácidos grasos en sangre, de esta manera se puede lograr una mejor repartición de la grasa corporal o bien funcionar como un fondo de energía potencial, lográndose una distribución mas homogénea de la grasa corporal.

## JUSTIFICACION

Como ya se mencionó la industria farmacéutica ha desarrollado una serie de compuestos que mejoran la calidad de la canal de cerdos, ovinos, bovinos y aves; estos compuestos son agentes  $\beta$ -adrenérgicos como el clenbuterol y ractopamina al igual que el isoproterenol, que en México no se han utilizado con fines de producción o como aditivos alimenticios, los dos primeros por que son de reciente producción y además ofrecen limitantes en costo y disponibilidad, cosa que no sucede con el isoproterenol.

Por lo anterior el presente trabajo tuvo como finalidad evaluar al isoproterenol como un agente de repartición de la grasa en la canal y cómo puede afectar otros parámetros de producción de cerdos en finalización.

### HIPOTESIS

El isoproterenol promueve la repartición de la grasa corporal, mejora la eficiencia de utilización de los nutrimentos y disminuye el consumo voluntario de cerdos en finalización; mejorando la conversión alimenticia y calidad de la canal de dichos animales.

### OBJETIVO

Evaluar el efecto del isoproterenol sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal de cerdos en finalización. Para dicho fin se consideraran las variables: ganancia de peso, peso en canal, rendimiento en canal y espesor de grasa dorsal de cerdos en finalización con diferentes niveles de dosificación.

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la granja porcina Sta. Cruz Maravillas, propiedad del Ing. José Ignacio Hernández Priante, la cual se encuentra en el rancho "El Salcón".

### UBICACION DE LA GRANJA

El rancho "El Salcón" se localiza a 4 Km al norte de Huamantla en el poblado de Benito Juárez, municipio de Huamantla, Tlaxcala

La granja se sitúa entre los  $98^{\circ} 48'$  y  $97^{\circ} 01'$  de longitud oeste y  $19^{\circ} 18'$  de latitud norte; a una altura de 2 200 m.s.n.m., con una temperatura anual de 14.5 C y una precipitación pluvial de 645 mm. (\*)

### INSTALACIONES

La granja cuenta con instalaciones para manejar un ciclo completo, es decir, áreas específicas para cada etapa del ciclo, de tal manera que se cuenta con instalaciones para engorda que consisten en naves con corrales de concreto y pisos de cemento con las siguientes dimensiones: 4 m de frente por 3 m de fondo, dichos corrales están equipados con comederos y bebederos automáticos.

\* Datos proporcionados por la oficina de SARN para Distritos de Riego ubicada en Huamantla Tlax.

#### ANIMALES

Se utilizaron 88 cerdos con un peso promedio de 44 Kg. de ambos sexos, de diferentes grupos genéticos provenientes del cruzamiento alterno de tres razas a elegir: Duroc, Landrace, Hampshire, Yorkshire y Spot. Los cerdos se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos con 22, 22, 22 y 22 animales, denominándoseles tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

#### ALIMENTO

La granja cuenta con planta de alimentos con el siguiente equipo: molino de martillos con motor de 20 caballos de fuerza, dos mezcladoras con capacidad de media tonelada y una báscula de acero con capacidad de media tonelada.

Los ingredientes de la ración fueron sorgo, soya y una presencia de vitaminas y minerales de marca comercial. Dicho alimento se formuló con 14% de proteína y 3.2 Mcal de energía metabolizable por Kg de alimento, de acuerdo a lo que estipula el National Research Council (NRC) para cerdos de 50-100 Kg (10).

## FARMACO

Se utilizó Isoproterenol hemisulfato con cuatro diferentes niveles de dosificación (0, 0.25, 0.5 y 1.0 mg/Kg de alimento) que corresponden a los tratamientos 4, 5, 6 y 7 respectivamente; dichos dosis se calcularon tomando en cuenta las dosis de cimaterol por vía oral utilizadas en cerdos en finalización en los trabajos de Jones *et al.* (34), Mower *et al.* y considerando el riesgo que representa el utilizarlo como sal pura, ya que pueda tener un efecto nocivo sobre el aparato cardiovascular, principalmente sobre la musculatura cardíaca y arterias coronarias (36)

El medicamento se mezcló con las vitaminas y minerales en una micromezcladora con capacidad de 40 Kg.

## MÉTODOS

PRIMERA FASE.- Esta se realizó en la granja donde los animales se acostumbraron a un régimen de alimentación a libre acceso y se pesaron individualmente a 0, 28 y 56 días para obtener la ganancia de peso promedio. Para dicho pesaje se contó con una báscula de carro y una jaula que se construyó en la granja.

SEGUNDA FASE (BASTRO).- Para la variable peso en canal se pesaron individualmente las canales con todo y debata. La variable espesor de grasa dorsal se midió con regla a nivel de la última costilla en medias canales individualmente.

El rendimiento en canal se obtuvo considerando el último pesaje de los animales vivos como cien por ciento y el peso de las canales representa la proporción del último pesaje.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados se analizaron por la técnica de análisis de varianza multivariado (MANOVA), para un diseño completamente aleatorizado; dicho análisis permitió evaluar simultáneamente el efecto de tratamiento y sexo sobre seis variables de interés (ganancia de peso, peso en canal, rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal, peso a las cuatro semanas y peso a las ocho semanas), por medio de la estadística de LAMBDA de Wilks, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (29).

METODOLOGIA UTILIZADA PARA EL ANALISIS  
ESTADISTICO DE LOS DATOS

Con base en la naturaleza de los datos se pueden identificar variables métricas y no métricas, las que a su vez se pueden clasificar como dependientes e independientes. Las variables independientes fueron los niveles de tratamiento, que van de 0, 0.25, 0.5 y 1.5 mg de imopróteronol por Kg de alimento, así como la variable sexo del animal; misma que se asignó como 1 para hembra y 2 para macho, además de la interacción entre estas dos variables. Por su parte las variables dependientes, todas de naturaleza métrica fueron ganancia de peso, rendimiento en canal, peso en canal, espesor de grasa dorsal, peso a las cuatro semanas y peso a las ocho semanas.

De acuerdo a los esquemas de clasificación de métodos multivariados y selección de técnicas por tipo de datos y variables de Hair (18), se siguieron las estrategias descritas a continuación.

MÉTODOS  
MULTIVARIADOS

MÉTODOS DE  
INDEPENDENCIA

UNA VARIABLE  
DEPENDIENTE

VARIAS  
DEPENDIENTES

MÉTRICAS

MÉTRICAS

CORRELACION  
MÚLTIPLE Y  
REGRESION  
MÚLTIPLE

ANÁLISIS DE  
VARIANCIAS  
MULTIVARIADO  
Y CORRELACION  
CANÓNICA

Con el objeto de simplificar el modelo de análisis de variancia multivariado propuesto en el protocolo de esta tesis, se tomó como modelo el de un experimento factorial con dos factores, sexo con dos niveles (1 hembra y 2 macho) y tratamiento con cuatro niveles (0, 0.15, 0.5 y 1.0 mg de isoproterenol/Kg de alimento) cuya expresión formal es la siguiente para cada una de las variables de interés analizadas ( $Y_i$ ).

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$Y_{ij} = \mu + T_i + S_j + (TS)_{ij} + e_{ij}$$

$$j = 1, 2$$

Donde:

$Y_{ij}$  = A la variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$S_j$  = Efecto del j-ésimo sexo

$(TS)_{ij}$  = Efecto de interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo sexo.

$e_{ij}$  = Error.  $N(0, \sigma^2)$

### RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran los valores promedio para cada una de las variables, con su respectivo nivel de tratamiento.

En el cuadro 2 se muestra una relación de variables y su significancia: Desde podemos observar que el efecto de tratamiento no es significativo (MS) para ganancia de peso, pero sí existe efecto de tratamiento para las otras variables dependientes.

Se obtuvieron los análisis de varianzas, para las variables independientes: efecto de tratamiento, efecto de sexo y su interacción sobre las variables dependientes: ganancia de peso, peso en canal, peso a las cuatro semanas de tratamiento, peso a las ocho semanas de tratamiento, rendimiento en canal y espesor de grasa dorsal, en forma individual pudiéndose observar los siguientes resultados (Cuadros 3-6).

Para la variable ganancia de peso, se observó efecto significativo para la interacción de tipo ordinal de las variables tratamiento y sexo. (P<0.05) Cuadro 3.

También se puede observar que los mayores promedios se obtuvieron para los machos de los tratamientos con 0.25 0.3 y 1 mg/kg, no existiendo diferencias significativas entre ellas (P<0.05).

El promedio de ganancia de peso de los machos del tratamiento con 0.5 mg/Kg fué estadísticamente diferente ( $P<0.05$ ) del promedio de las hembras del mismo tratamiento (Figura 4).

En la variable peso en canal no se detectó efecto significativo por la interacción sexo, tratamiento ( $P<0.05$ ), mientras que se observó diferencia significativa por efecto de tratamiento independientemente del sexo ( $P<0.05$ ), así como por influencia del sexo independientemente del tratamiento ( $P<0.001$ ) (Cuadro 2). Por tal motivo se realizó una prueba de diferencia de medias para efecto de sexo mostrando mayor promedio global para los machos que para las hembras ( $P<0.001$ ).

Por otra parte, por medio de una prueba a posteriori de Tukey para el efecto de tratamiento, cuyo rango crítico fué de 9.974 se observaron diferencias estadísticas significativas entre el promedio global del tratamiento con 0.5 mg/Kg respecto al tratamiento con 1mg/Kg ( $P<0.05$ ) no observándose dichas diferencias entre el tratamiento de 1mg/Kg con respecto al tratamiento con 0.25 y al testigo ( $P>0.05$ ) así como tampoco entre los tratamientos con 0.25, 0.5 y al testigo ( $P>0.05$ ).

Variable peso a las cuatro semanas (P2): para esta variable al igual que para el peso en canal, se observaron diferencias significativas solamente por efecto de tratamiento ( $P<0.001$ ) en forma independiente, no detectándose

diferencia significativa por interacción de los efectos principales ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 9).

La prueba de Tukey para efecto de tratamiento reveló diferencias significativas entre los promedios de los machos del tratamiento de 0.5mg/kg con respecto a las hembras de los cuatro tratamientos, así como con los machos del tratamiento con 1mg/kg ( $P < 0.001$ ); por otra parte, esta diferencia también se detectó entre los machos del grupo testigo y las hembras del tratamiento con 1mg/kg, tales comportamientos se observan en la figura 2.

Variable Peso a las ocho semanas (P8): Sobre el peso de los animales al fin del experimento, se observó diferencia significativa por efecto del tratamiento ( $P < 0.05$ ), así como por efecto del sexo en forma independiente ( $P < 0.001$ ) (Cuadro 10). No se detectó interacción entre el sexo y el tratamiento ( $P > 0.05$ ) cuyo comportamiento se observa en la figura 3.

La prueba de rango crítico para pares de medias de Tukey indicó la existencia de diferencias significativas para el efecto de tratamiento ( $P < 0.001$ ) entre los machos del tratamiento con 0.5mg/kg y las hembras de los cuatro tratamientos, así como con los machos del tratamiento con 1mg/kg. El promedio de peso a las ocho semanas por efecto del sexo fue significativamente mayor para los machos que para las hembras ( $P < 0.001$ ).

El rendimiento en canal se vio significativamente influido por una interacción de tipo disordinal entre sexo y tratamiento ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 11).

Cabe mencionar sin embargo, que las hembras del tratamiento con 0.33mg/Kg superaron a las hembras de los demás tratamientos, y por su parte los machos de este tratamiento superaron a los machos del tratamiento con 0.13mg/Kg, pero no superaron a los machos de los tratamientos con 0 y 1mg/Kg; además aunque el rendimiento promedio de las hembras del tratamiento con 0.33mg/Kg fue mayor que el de los machos de este mismo tratamiento, no fue significativo ( $P > 0.05$ ) (Figura 4).

El espesor de grasa dorsal de los animales en experimentación, se vio influido por efecto de tratamiento (Cuadro 12), y el valor del rango crítico de Tukey (0.364), para pares de medias, mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ), encontrándose los mayores promedios en el grupo control, con respecto a los demás tratamientos.

Dichas diferencias también se encontraron entre el tratamiento de 4.5 y el de 0.33mg/Kg, siendo mayor el promedio para el tratamiento con 0.33mg/Kg ( $P < 0.001$ ), como se muestra en la Figura 5.

## DISCUSION

El efecto de tratamiento sobre la variable ganancia de peso en este trabajo se evaluó por medio de la diferencia del peso inicial, peso a las 4 y a las 8 semanas de tratamiento (peso final), los resultados obtenidos demuestran que aún cuando existió diferencia estadística significativa ( $P<0.05$ ) por efecto de tratamiento sobre el peso a las 4 semanas y al final del experimento, no hubo diferencia significativa ( $P<0.05$ ) para ganancia de peso en 8 semanas de tratamiento. Esto quiere decir que el tratamiento tiene efecto sobre la ganancia de peso pero este efecto es inconsistente, es así que este resultado concuerda con los obtenidos por Jones *et al.* (37) y Prince *et al.* (34), que realizaron estudios en cerdos y aplicaron cinasterol a diferentes niveles: por otra parte al comparar estos resultados a los mencionados por Marahan *et al.* (36) en cerdos, estos difieren ya que dicho autor menciona que las ganancias de peso se mejoran por efecto de tratamiento con  $\beta$ -adrenérgicos.

Para la variable rendimiento en canal, los resultados demuestran efecto significativo ( $P<0.001$ ) debido al tratamiento y además se obtuvo efecto significativo ( $P<0.05$ ) por la interacción sexo-tratamiento, siendo comparables estos resultados con los obtenidos en cerdos por Jones, *et al.* (37), Prince, *et al.* (34) Marahan, *et al.* (36) y Moser *et al.* (48): Estos autores mencionan que los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos mejoran el rendimiento en canal, por aumentar la retención de nitrógeno, mejoran la repartición de la grasa

corporal y Moser et al., (48) mencionan que estos agentes también disminuyen el peso de las vísceras, de tal manera que esto repercute en el peso de la canal.

Para la variable peso en canal, se observó efecto significativo del tratamiento y los mejores promedios se obtuvieron para los machos con 0.5 mg de isoproterenol/Kg de alimento, este resultado es comparable con los obtenidos por Jones et al., (37) y Harahan et al., (38) en cerdos y mencionan que tal efecto del tratamiento sobre el peso en canal, se debe a que los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos disminuyen hasta en un 10% los depósitos de grasa y en este mismo porcentaje aumentan las masas musculares.

Moser et al., (48), por estudios realizados en cerdos en finalización encontraron que al utilizar cimaterol en dosis de 0, 0.25, 0.5 y 1.0 mg/Kg de alimento, se reduce el peso de las vísceras digestivas, principalmente del hígado y riñones, además de reducir los depósitos de grasa en la cavidad abdominal.

El espesor de grasa dorsal se vio afectado por el tratamiento, de tal manera que las diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ), confirman los resultados obtenidos en cerdos para esta variable por Jones et al., (37), Moser et al., (48) y Harahan et al., (38); quienes mencionan que los agonistas  $\beta$ -adrenérgicos funcionan como agentes de redistribución de la grasa corporal, dando una mejor calidad de la canal. Estos resultados son similares a los obtenidos por Dalrymple et al., (36) en aves, Beerbach et al., (8) en ovinos

y Marzhan et al. (30) en bovinos: en los que mencionan que el cimaterol, clenbuterol y ractopamina mejoran la calidad de la canal al lograr una mejor repartición de la grasa corporal.

En las variables peso a las cuatro y ocho semanas de tratamiento, se encontró efecto significativo ( $P < 0.05$ ), aún cuando estas diferencias no repercutieron en la ganancia de peso.

En conclusión el isoproterenol tiene efecto sobre la calidad de la canal en cerdos y sobre el peso en canal, esto es comparable con el efecto de otros  $\beta$ -adrenérgicos comerciales.

Puede incluirse que el uso de estos estimulantes  $\beta$ -adrenérgicos presenta ser de un alto potencial en un futuro no muy lejano, toda vez que pueden obtenerse canales magras lo cual quiere decir que la energía de la dieta es más eficientemente utilizada por el organismo animal, permitiendo que esa energía que se iba a convertir en grasa, sea utilizada para mejorar el desarrollo de masas musculares de la canal, que es lo que se ha buscado durante más de 50 años; aunque se ha mejorado el rendimiento de los cerdos manipulando su información genética, hacia una mayor producción de carne que de grasa, también es sabido que para tener una mayor precocidad en los cerdos se han tenido que utilizar raciones con un alto nivel energético, lo que ha provocado irremediablemente que el animal tenga que depositar grasa: por lo anterior la inclusión de estos agentes  $\beta$ -adrenérgicos en las dietas de los animales promete traer

resultados satisfactorios cuando esto a un menor gasto por concepto de alimentación en los animales.

## LITERATURA CITADA

1. Baran, M.; Boča, K. and Široka, F.: The effect of monensin - on rumen fermentation in sheep feed on all-roughage and barley/roughage diets; Anim. Feed Sci. Techn. 15:7-13 (1986).
2. Beerman, D. H. Wogue, D.E., Fishell, V.E., Dalrymple, H.H. and Ricks, A. C.: Effects of cimaterol and fishmeal on performance, carcass characteristics and skeletal muscle growth in lambs. J. Anim. Sci. 42:379-386 (1986).
3. Beerman, D.H., Fishel, V.E., Wogue, D.E., Ricks, C.L. and Dalrymple, H.H.: Effects of the repartitioning agent, cimaterol (CL 261,780) on skeletal muscle fiber type and fiber hypertrophy in lambs. J. Anim. Sci. 41(1) 254(Abst) (1985).
4. Bergen, W.G., Jonsson, E.S., Ekjaerlund, S.D. Sabiker, A.S., Aasen, E.M., Merkel, A.H. and Anderson, S.D.: Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. J. Anim. Sci. 67 (9) (1988).

3. Bidner, T. D.; Merkel, E. A.; Miller, E. E.; Wilsey, D. E. and Hofer, J. A.: Effects of diethylstilbestrol plus methyl testosterone and dietary protein level on swine performance and composition. J. Anim. Sci. 34 (3): 397-402 (1972).
4. Bidner, T.A., Merkel, E.A., Wafa, M.D., Swanson, L.V. and Miller, E.E.: Serum growth hormone levels of pigs fed diethyl-stilbestrol plus methyltestosterone between 23 and 90 kilograms. J. Anim. Sci. 36(2):337-342 (1973).
5. Blair, H.: Update on Canadian regulations governing and growth promoters in animal feeds. FEEDSTUFFS, vol. 52:23 (1980).
6. Bory, E.S., Libal, G.W. and Mahitrens, R.C.: Effect of Tryptophan supplementation of a low protein, corn-sunflower meal diet for young growing pigs. J. Anim. Sci. 41(1):390 (Abstr) (1975).
7. Bottoms, G.D.; Copped, G.L.; Monk, E.; Moore, A.S.; Kessel, G.F. and Requier, F.E.: Metabolic fate of orally administered oestradiol in swine. J. Anim. Sci. 46 (3): 474-487 (1977).

10. Bouffalt, J.C. y Willems, J.P.: Actividades anabólicas del acetato de Triambolona solo o combinado con estrógenos: Uso de hormonas esteroides naturales y xenobióticas: en anabólicos en producción pecuaria. Simpósio celebrado en la OIE, Paris, 15-17. Feb. 1961.
11. Braun, H.G.: Implantes de serenoil: Uso de hormonas esteroides naturales y xenobióticas: en anabólicos en producción pecuaria. Simpósio celebrado en la OIE, Paris, 15-17. Feb. 1961.
12. Chou, H. and Scanes, G.C.: Influence of age, strain and  $\beta$ -adrenergic agonist on insulin sensitivity in chicks as determined by and adaptation of the euglycemic clamp technique. Poultry Science, 47:476-478 (1968).
13. Chung, C.S., Etherton, T.D. and Wiggins, J.P.: Stimulation of Swine growth by porcine growth hormone. J. Anim. Sci. 40 (1): 118-120 (1965).
14. Church, C.D. and Pond, G.W.: Basic animal nutrition and feeding; 2nd. edition. John Wiley and Sons, New York, U.S.A. 1963.
15. Cole, D.J.: Aminoacid nutrition of the pig; recent developments in pig nutrition; Butterworths, London 1965.

14. Cravens, W.W. and Holck, G.L.: Economic benefits to the livestock producer and to the consumer from the use of feed additives. J. Anim. Sci. 31:1101-1104 (1970).
17. Crowell, G.L. and Stahly, T.S.: Efficacy of tiamulin as a growth promotant, for growing swine: J. Anim. Sci. 40 (10): 14-18 (1965).
18. Collison, G.A.: Use of Performance stimulants, in feeds and feeding, 3rd. Ed. Weston Publishing Co., Inc. 432-440. 1981.
19. Dalrymple, E.H. and Ingle, D.L.: Effects of beta-agonist cimaterol on growth, Food efficiency and carcass composition in poultry in the U.S.A. J. Anim. Sci. 46(3) 1447-1462 (1978).
20. Dalrymple, E.H.; Baker, E.F.; Dingher, F.E.; Ingle, D.L.; Fenssak, J.M. and Ricks, A.C.: Metabolism and nutrition: A repartitioning agent to improve performance and carcass composition of broilers. POULTRY SCIENCE, 63: 2376-2383 (1984).

21. Duquette F.F. and Muir, L.A.: Effect of the beta-adrenergic agonists Isoproterenol, Clambuterol, L-640,033 and HRL 15135 on lipolysis and lipogenesis in rat adipose tissue in vitro. J. Anim. Sci. 61(1):234 (Abstr) (1985).
22. Easter, R.A., Dechtel, F.J., McKeith, F.E., Novakofski, J. y McLaren, D.G.: Agonistas beta adrenérgicos y hormona del crecimiento en cerdos. III. Simposio Internacional sobre avances en la nutrición del cerdo. Mex. D.F. ANHMA (1988).
23. Edmonds, M.B.; Izquierdo, A.O. and Baker, D.H.: Feed additive studies with newly weaned piglets: Efficacy of supplemental copper. Antibiotics and organic acids. J. Anim. Sci. 60 (2): 463-469 (1985).
24. Fiems, L. O.: Effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action. Ann Instech 14(1): 271-290 (1987).
25. Ganong, W. W.: Fisiología Médica, el sistema Nervioso Autonomo, 11a ed. El Manual Moderno, 192-197, 1988.
26. Galindo, M. J.: Los autacoídos, Malnutrición 14(3)(1983).

27. Grisdale-Nellans, B., Nellans, B. and Klusek, E.: Role of epinephrine and norepinephrine in regulating hormonal and metabolite changes associated with fasting. J. Anim. Sci. 41(1):254 (Abstr) (1975).
28. Hafe, M.D., Furches, R.W. and Pearson, M.A.: A review: relationships of some hormones to growth and carcass quality of ruminants. J. Anim. Sci. 33(1) (1971)
29. Hair, J.F., Anderson, E.E. and Tolman, E.L.: Multivariate data analysis with feedings. 2nd. ed. MacMillan Pub. Co., New York, 1968.
30. Hanrahan, I. P., Quirke, J. P., Somers, W. Allen, P., McEwan, J. C., Tillesimens, J. M., Kotsian, J. and Roche, J. P.:  $\beta$ -agonists and their effects on growth an carcass quality. Recent advances in animal nutrition; Butterworths, (1966).
31. Hansen, D.E., Martin, E.J., Veeshuisen, E.L. and Anderson, E.L.: Effect of ractopamine on insulin sensitivity and response of isolated rate adipocytes. J. Anim. Sci. 47(6) (1968).
32. Hutjens, F.W.: Additives with a Missing "R": Feed additive series. Dairy Herd Management, 24(1): 30-32 (1967).

13. Hutjens, F.M.: Buffers can improve rumen efficiency: feed additives series. Dairy Herd Management, 24(3): 18-31 (1987).
14. Hutjens, F.M.: Managing energy demands: feed additives series. Dairy Herd Management, 24 (1): 22-24 (1987).
15. Janicowski, M.: Producción Pecuaria Mundial y las perspectivas de desarrollo en Producción Pecuaria. 71. Simpósio Celebração da OIE, Paris, 15-17 de febrero, 1983.
16. Johansson, B.: The  $\beta$ -adrenoceptors in the smooth muscle of pig coronary arteries. European Journal of Pharmacology 24: 218-224, North-Holland Publishing Co. (1973).
17. Jones, R.W.; Easter, R.A.; Mc Keith, F.K. Dalrymple, R.H.; Hedderk, H.M. and Bechtel, P.J.: Effect of  $\beta$ -Adrenergic agonist cimaterol (CI-208,788) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. J. Anim. Sci. 61:4 (1985).
18. Keith, M.G. and Bell, J.M.: Amino acid supplementation of ammoniated mustard meal for use in swine feeds. CAN. J. Anim. Sci. 65: 937-944 (1985).

39. Knudson, E.E., Hogberg, H.G., Merkel, R.A., Allen, E.E. and Magee, W.T.: Developmental comparisons of boars and barrows: I. Growth rate, carcass and muscle characteristics. *J. Anim. Sci.*, 61 (4):789-795 (1985).
40. Li, E.J. and Jefferson, S.L.: Effect of isoproterenol on aminoacids levels and protein turnover in skeletal muscle. *Am. J. Physiol.*, 232:R243 (1977).
41. Lucas, L.E., Fox, Jr. E.R. and Swajir, A.R.: Effect of a combination of diethylstilbestrol and methyltestosterone and protein level in the diet on performance and carcass traits in an unselected line of swine. *J. Anim. Sci.*, 36(6) 1094-1098 (1973).
42. Lucas, L.E., Wallace, H.D., Palmer, A.E. and Combs, G.E.: Influence of hormone supplementation dietary protein level and sex on the performance and carcass quality of swine. *J. Anim. Sci.*, 33(4) 780-786 (1971).
43. Nayan, F. A.: Metabolismo de acilglicerolés y esfingolípides en bioquímica de Harper. 11a ed. *El Manual Moderno*, 136-237, 1988.
44. Mayor, F. y Giménez, C.: Receptopatías. Investigación y Ciencia. *Scientific American*, No. 136 (1987).

45. Karamann, H.J.; Hu, Y.C.; Ford, W.G.; Ruiz, D.C.; Nowakofski, J.S. and Smith, S.B.: Growth and adipose tissue metabolism in young pigs fed cimaterol with adequate or low dietary protein. J. Anim. Sci., 64:1284-1284 (1987).
46. Karamann, H. J.: Influence of infused  $\beta$ -adrenergic agonists on porcine blood metabolites and catecholamines; J. Anim. Sci.: 47: 2633-2643 (1989).
47. Miller, M.F., Cross, H.R., Wilson, J.J. and Smith, S.B.: Acute and long-term lipogenic response to insulin and cimaterol in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissues. J. Anim. Sci. 67:928-933 (1988).
48. Hoser, R.L.; Selrymple, R.H.; Cornelius, S.G.; Pettigrew, J.E. and Allen, G.E.: Effect of cimaterol (Ciba23,780) as a repartitioning agent in the diet for finishing pigs. J. Anim. Sci. 62:21-26 (1986).
49. Hoser, R.L.; Cornelius, S.G.; Pettigrew Jr., J.E.; Hanks, E.E. and Hagen, C.D.: Response of growing-finishing pigs to decreased floor space allowance and (or) virginiamycin in diet. J. Anim. Sci. 62 (2): 237-242 (1986).

30. N.R.C.: Nutrient requirements of swine; nutrient requirements of domestic animals. 8th Rev. ed. National Research Council, 1979.
31. Cosampo, C.L. y Humano, C.H.: Farmacología Veterinaria. Fármacos Simpatoiméticos, Cap. 29; Mc Graw-Hill, México 1988.
32. Pacheco, L.D.: Nucleótidos cíclicos en la regulación celular. Acta Médica, vol. IV (27) (1979).
33. Patterson, D.C.: Effects of the dietary inclusion of cooperal phosphate, avoparcin and carbacox/sulphadimidine supplements on the performance of pigs weaned at 28 days. Anim. Prod. 34: 487-493 (1984).
34. Plipton, R.F.; Cokerman, H.W.; Theque, H.S.; Grifo, A.F. Jr. and Cahill, V.R.: Influence of the time following diethylstilbestrol implantation on the palatability composition and quality of beef pork. J. Anim. Sci. 32(1): 51-56 (1971).
35. Poppensie, G.C. y Marash, K.T.: Producción pecuaria mundial: Situación actual en anabólicos en producción pecuaria. Seminario celebrado en la OIE, París, 15 de febrero, 1983.

36. Prince, T.J., Dalrymple, R.H. and Harple D.M.: Effects of feeding cholesterl (Ch 245,783) on performance and carcass characteristics of finishing pigs. J. Anim. Sci. 41 (Suplem.1): 301 (Abst.) (1965).
37. Ricks, C.A., Dalrymple, R.H., Baker, F.E. and Inle, D.L.: Use of S-equist to alter fat and muscle deposition in steers. J. Anim. Sci. 39:1247 (1964).
38. Sanhari, S.: Plasma glutathioneperoxidase and tissue selenium response to selenium supplementation in swine. Acta Veterinaria Scandinavica: Veterinary Associations of the Nordic Countries. Supl. 41: 1-127 (1965).
39. Southern, L.L., Brown, D.E., Warner, D.S. and Fox, M.C.: Excess supplemental choline for swine. J. Anim. Sci. 33: 332-334 (1964).
40. Swenson, H.J.: Autonomic Nervous system. In Notes Physiology of Domestic animals, 12th ed. Cornell University Press- 1964.
41. Taylor, R.J.: Food additives. John Wiley and Sons. 1960.

42. Teague, H.E.; Plipton R.F.; Cahill, V.R.; Grife, A.F. and Kunkley, L.E.: Influence of diethylstilbestrol implantation on growth and carcass characteristics of heifers. J. Anim. Sci. 22: 332-338 (1964).
43. Teh, T.H.; Henton, R.W. Bremel, D.E. and Harmon, R.I.: Comparison of buffers on rumen functions turnover rate and gastric secretions in Holstein steers. Anim. Feed. Sci. Tech. 17: 257-278 (1964).
44. Torres, E.C.: Farmacología del sistema nervioso autónomo (II). Tribuna Médica. Enero (2) (1964).
45. Torres, E.C.: Farmacología del sistema nervioso autónomo (III). Tribuna Médica. Feb. (3) (1964).
46. Torres E.C.: Farmacología del sistema nervioso autónomo (III). Tribuna Médica. mar. (4) (1964).
47. Vleck, W.J.: The mode of growth promotion by antibiotics. A. Anim. Sci. 46(5) 1447-1449 (1978).
48. Wagner, J.F.: Implantes de estradiol de liberación controlada, eficacia y administración del agente. Uso de hormonas esteroideas naturales y xenobióticas; en anabólicos en producción pecuaria. \_\_\_\_\_ Simposio Celebrado en la OIE, París 15-17 de febrero (1963).

69. Walker, W.R., Johnson, D.D., Broadbent, J.E., Dalrymple, R.H. and Coombs, G.E.: Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. J. Anim. Sci. 57:168-174 (1983).
70. Wallace, H.B.: Biological responses to antibacterial feed additives in diets of meat producing animals. J. Anim. Sci. 31: 1118-1124 (1970).
71. Williams, F.: Ensayo estadístico. 2a. Ed. UNAM Editorial Interamericana. México, D.F. 1982.
72. Williams, F.E.: The use of  $\beta$ -agonists as a means of altering body composition in livestock species. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B) 57 (4): (1987).
73. Williams, T.L., Jarret, L. and Lefkowitz, J.R.: Adipocyte  $\beta$ -adrenergic receptors. J. Biol. Chem. 251:18 (1976).

CUADRO 1. VALORES PROMEDIO PARA LAS VARIABLES PESO INICIAL, PESO FINAL, PESO EN CANAL, RENDIMIENTO EN CANAL, GANANCIA DIARIA DE PESO Y ESPESOR DE GRASA DORSAL (E.G.D.).

		ISOPROTERENOL mg/Eg de ALIMENTO			
VARIABLE		0	0.25	0.5	1.0
PESO INICIAL	Eg	61.58	61.48	75.39	67.46
PESO FINAL	Eg	102.78	98.98	110.70	103.88
PESO EN CANAL	Eg	78.98	74.51	85.70	86.89
GANAN. DIARIA	Eg	0.70	0.62	0.63	0.68
REND. EN CANAL	%	76.67	77.81	76.38	84.08
E.G.D.	Cm	4.22	3.32	3.97	3.71

CUADRO 1. RELACION DE VARIABLES Y SU SIGNIFICANCIA

VARIABLE	INTERACCION	TRATAMIENTO	SEDO
GAMPES	$F<0.05^*$	N S	$F<0.001^{***}$
RENCAN	$F<0.05^*$	$F<0.001^{***}$	N S
CANAL	N S	$F<0.05^*$	$F<0.01^*$
P (2)	N S	$F<0.05^*$	$F<0.001^{***}$
P (3)	N S	$F<0.05^*$	$F<0.001^{***}$
E G D	N S	$F<0.001^{***}$	N S

\*EFECTO SIGNIFICATIVO.

\*\*\*EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO.

GAMPES = GANANCIA DE PESO.

RENCAN = RENDIMIENTO EN CANAL.

CANAL = PESO EN CANAL.

P (2) = PESO A LAS CUATRO SEMANAS DE TRATAMIENTO.

P (3) = PESO A LAS OCHO SEMANAS DE TRATAMIENTO.

E G D = ESPESOR DE GRASA DORSAL.

CUADRO 3. ESTADÍSTICAS PARA GANANCIA DE PESO EN CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

				G.P. en Kg
mg/Kg*	NEXO	NACIO	SENERA	
0	n	8	13	
0	$\mu$	34.875	34.749	
0	$\bar{I}$	4.734	4.585	
0	ee	1.47	1.27	
.25	n	7	14	
.25	$\mu$	40.428	39.5	
.25	$\bar{I}$	4.467	7.484	
.25	ee	1.49	2.08	
.5	n	10	19	
.5	$\mu$	40.2	33.0	
.5	$\bar{I}$	9.138	2.174	
.5	ee	2.09	0.83	
1	n	13	6	
1	$\mu$	39.53	38.33	
1	$\bar{I}$	2.67	1.83	
1	ee	0.69	0.42	

n = Número de casos.

$\mu$  = Promedio de tratamiento.

$\bar{I}$  = Desviación estándar

ee= Error estándar

\* mg de isoproterenol por Kg de alimento.

CUADRO 4. ESTADÍSTICAS PARA LAS VARIABLES RENDIMIENTO Y PESO EN CARNE DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

mg/Kg	SEXO	R C (%)		P C (Kg)	
		MACHO	HEMERA	MACHO	HEMERA
0	n	8	13	8	13
0	$\mu$	78.498	73.73	78.878	73.184
0	I	4.346	4.904	18.778	14.118
0	se	1.54	1.36	3.81	3.91
.25	n	7	14	7	14
.25	$\mu$	77.111	75.687	81.714	76.384
.25	I	4.941	3.842	13.301	15.925
.25	se	1.86	0.71	5.02	4.62
.5	n	10	12	10	12
.5	$\mu$	82.313	82.878	80.7	81.683
.5	I	3.848	2.566	9.381	8.501
.5	se	1.22	0.74	2.97	1.59
1	n	15	6	15	6
1	$\mu$	77.337	75.993	82.8	75.167
1	I	3.885	1.991	11.118	6.878
1	se	1.8	0.81	2.87	2.4

n = Número de observaciones.

$\mu$  = Promedio de tratamiento.

I = Desviación estándar.

se = Error estándar.

CUADRO 5. ESTADÍSTICAS PARA ESPESOR DE GRASA DORSAL DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE INOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

E S D			
mg/Kg	SEJO	MACHO	HEMERA
0	n	15	5
0	$\mu$	4.33	4.1
0	$\sigma$	0.473	0.449
0	ee	0.12	0.19
0.25	n	13	6
0.25	$\mu$	3.338	3.323
0.25	$\sigma$	0.886	0.779
0.25	ee	0.31	0.32
0.5	n	7	14
0.5	$\mu$	3.285	3.25
0.5	$\sigma$	0.699	0.953
0.5	ee	0.24	0.25
1	n	10	12
1	$\mu$	3.27	3.55
1	$\sigma$	0.525	0.593
1	ee	0.17	0.17

n = Número de observaciones.

$\mu$  = Promedio de tratamiento.

$\sigma$  = Desviación Estándar.

ee = Error estándar.

CUADRO 4. ESTADÍSTICAS PARA EL PESO A CUATRO (P2) Y OCHO (P3) SEMANAS DE TRATAMIENTO DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

mg/Eq	SEDO	P2 (Eq)		P3 (Eq)	
		MACHO	HEMBRA	MACHO	HEMBRA
0.25	n	13	8	13	8
0.25	$\mu$	82.625	79.538	101.25	96
0.25	I	8.383	10.445	10.124	12.31
0.25	se	2.94	3.89	3.88	3.41
0.5	n	7	14	7	14
0.5	$\mu$	87.891	83.443	121.0	100.0
0.5	I	9.108	14.409	10.88	17.89
0.5	se	3.44	3.85	3.98	4.73
1	n	10	12	10	12
1	$\mu$	88.5	78.0	118.8	94.92
1	I	11.93	4.1	15.94	8.18
1	se	3.77	1.76	5.05	2.36
2	n	15	6	15	6
2	$\mu$	90.6	80.467	108.72	98.83
2	I	12.523	9.188	10.152	5.85
2	se	3.23	3.74	3.42	2.43

n = Número de observaciones

$\mu$  = Promedio de tratamiento

I = Desviación estándar

se = Error estándar

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA GANANCIA DE PESO DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOLO EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	176.248	38.848	2.038	0.113
SEXO	408.014	408.014	14.248	0.000***
SEX-TRAT.	318.694	106.231	3.718	0.018*
ERROR	3205.944	28.637		

n = 85

r = 0.576

r<sup>2</sup> = 0.332

\* = EFECTO SIGNIFICATIVO.

\*\*\* = EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO EN CANAL DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	1442.187	480.762	3.609	0.017*
SEXO	1863.830	1863.830	17.906	0.000***
SEX-TRAT.	364.404	121.838	0.918	0.438
ERROE	10219.103	132.845		

n = 85

r = 0.504

r<sup>2</sup> = 0.254

\* EFECTO SIGNIFICATIVO

\*\*\*EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO A LAS CUATRO SEMANAS DE TRATAMIENTO DE CERDOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISO PROTERENO. EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	1233.135	407.708	3.374	0.023*
SEXO	2163.433	2163.433	17.906	0.000***
SEX-TRAT.	159.612	50.171	0.415	0.443
ERROR	9363.448	110.624		

n = 85

r = 0.539

r<sup>2</sup> = 0.290

\* EFECTO SIGNIFICATIVO

\*\*\* EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO A LAS OCHO SEMANAS DE TRATAMIENTO DE CERDOS CON DIFERENTES NIVELES DE INOPROTESENOYL EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	1439.313	479.771	3.098	0.032*
SEXO	2720.951	2720.951	17.972	0.000***
SEX-TRAT	659.863	219.954	1.420	0.243
ERROR	11923.212	134.047		

n = 83

r = 0.518

r<sup>2</sup> = 0.269

\* EFECTO SIGNIFICATIVO

\*\*\* EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN CANAL DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	859.711	283.579	19.961	0.000***
SEXO	6.092	6.092	0.429	0.513
SEX-TRAT	137.812	42.604	2.999	0.034*
ERROK	1093.959	14.206		

n = 85

$r = 0.704$

$r^2 = 0.498$

\* EFECTO SIGNIFICATIVO

\*\*\* EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ESPESOR DE GRASA DORSAL DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN EL ALIMENTO.

F V	S C	C M	F	P
TRATAMIENTO	13.870	4.828	2.353	0.000***
SEXO	1.444	1.444	2.920	0.092
SEX-TRAT	0.269	0.090	0.181	0.909
ERROR	18.084	0.485		

n = 85

r = 0.596

r<sup>2</sup> = 0.355

\* EFECTO SIGNIFICATIVO

\*\*\* EFECTO ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

FIGURA 1. PESO PROMEDIO EN CANAL (Kg) DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN LA DIETA.

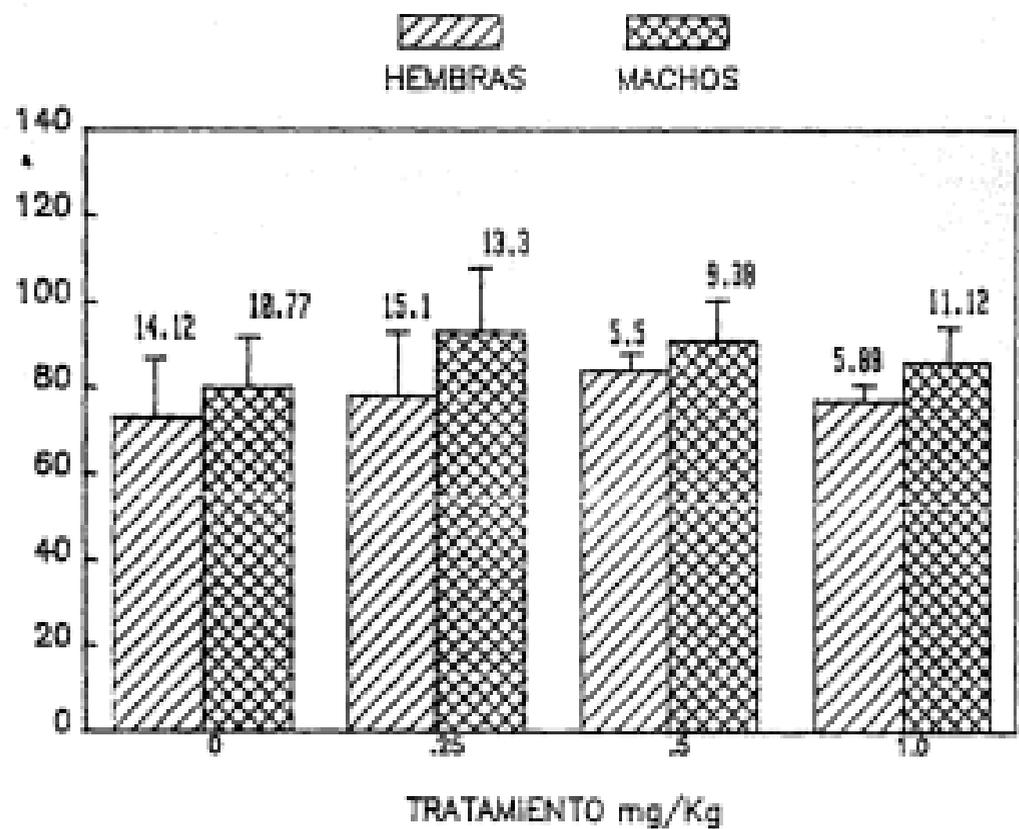


FIGURA 2. PESO PROMEDIO DE LOS CERDOS (Kg), A LAS CUATRO SEMANAS DE TRATAMIENTO CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN LA DIETA.

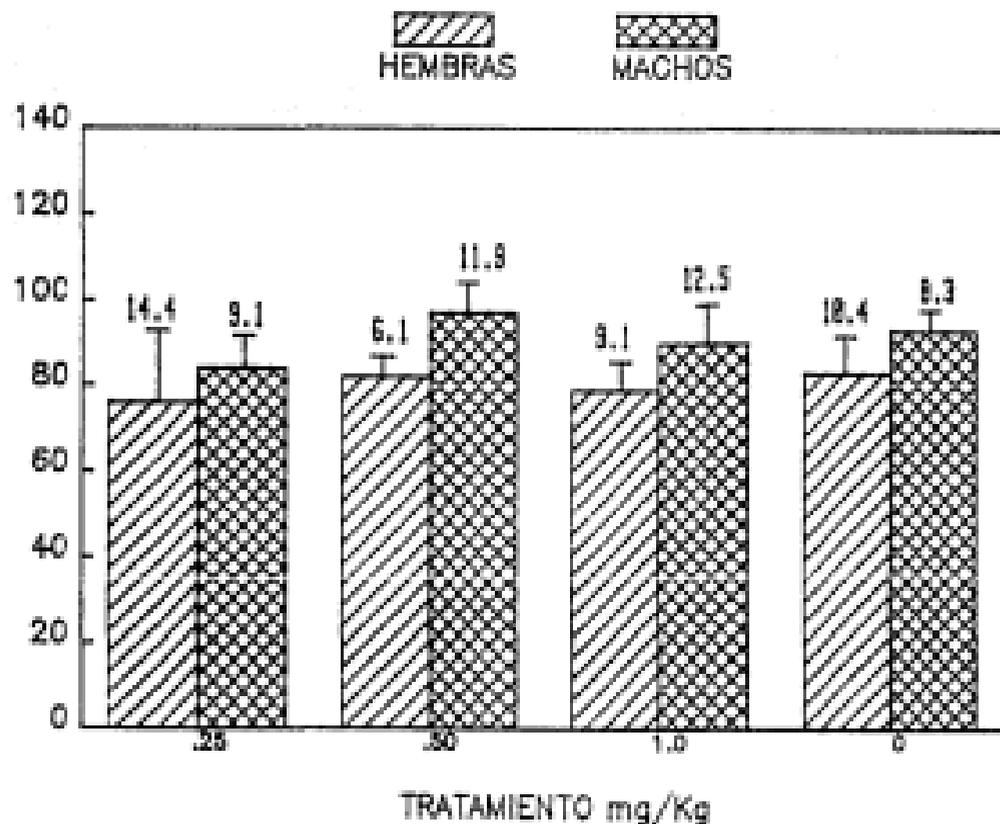


FIGURA 3. PESO PROMEDIO DE LOS CERDOS (Kg), A LAS OCHO SEMANAS DE TRATAMIENTO CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN LA DIETA.

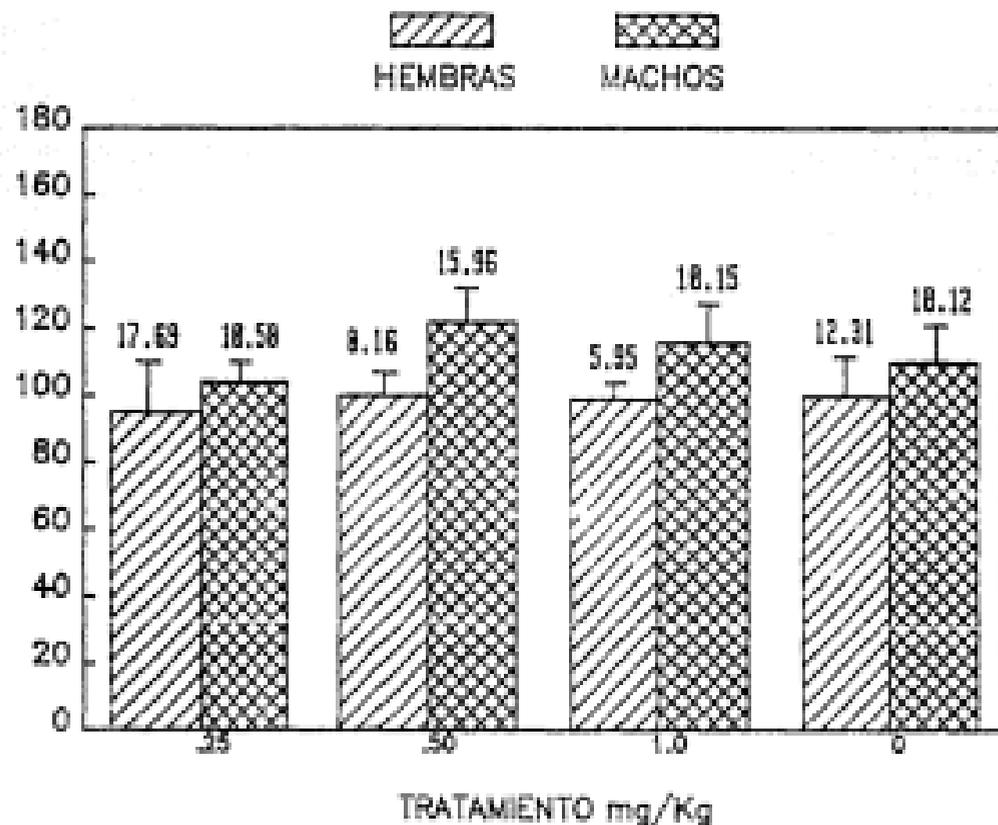


FIGURA 4. RENDIMIENTO PROMEDIO EN CANAL (%), DE CERDOS TRATADOS CON DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN LA DIETA.

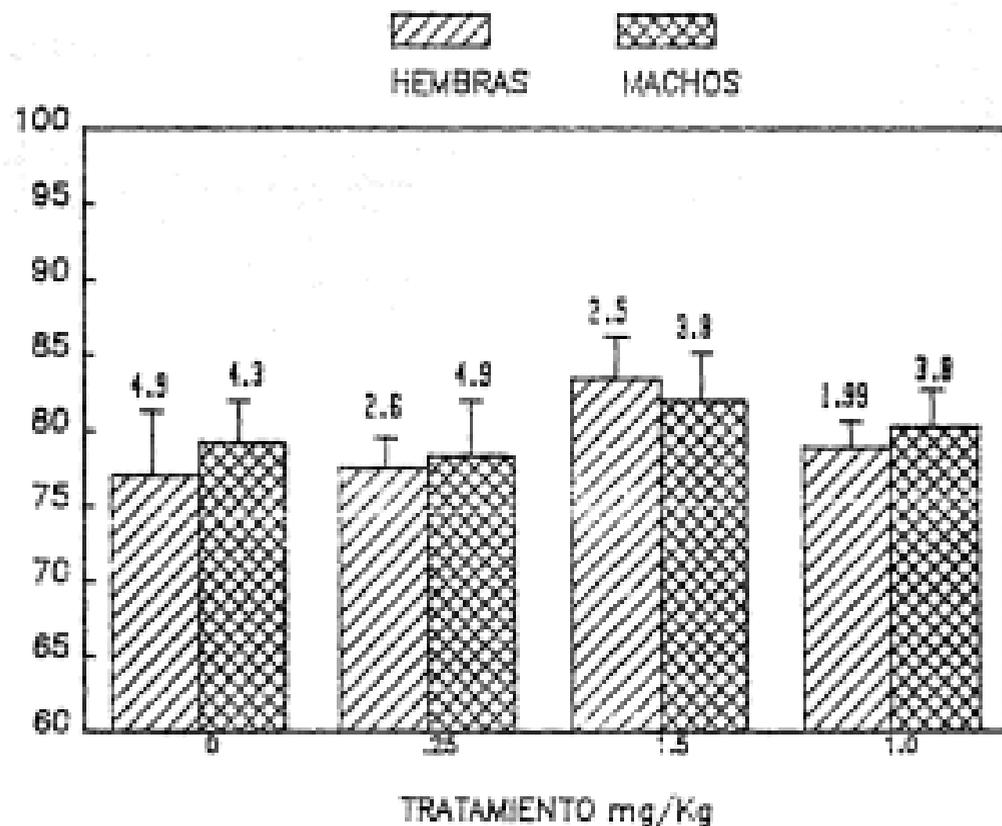


FIGURA 5. ESPESOR PROMEDIO DE GRASA DORSAL (cm), DE CERDOS SOMETIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ISOPROTERENOL EN LA DIETA.

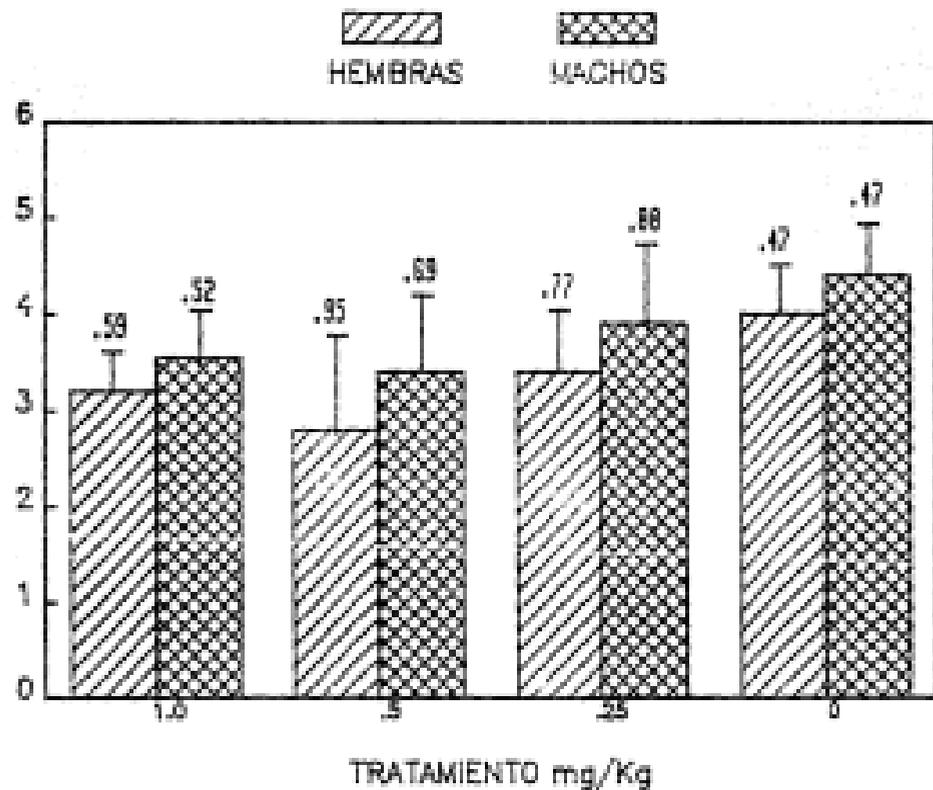
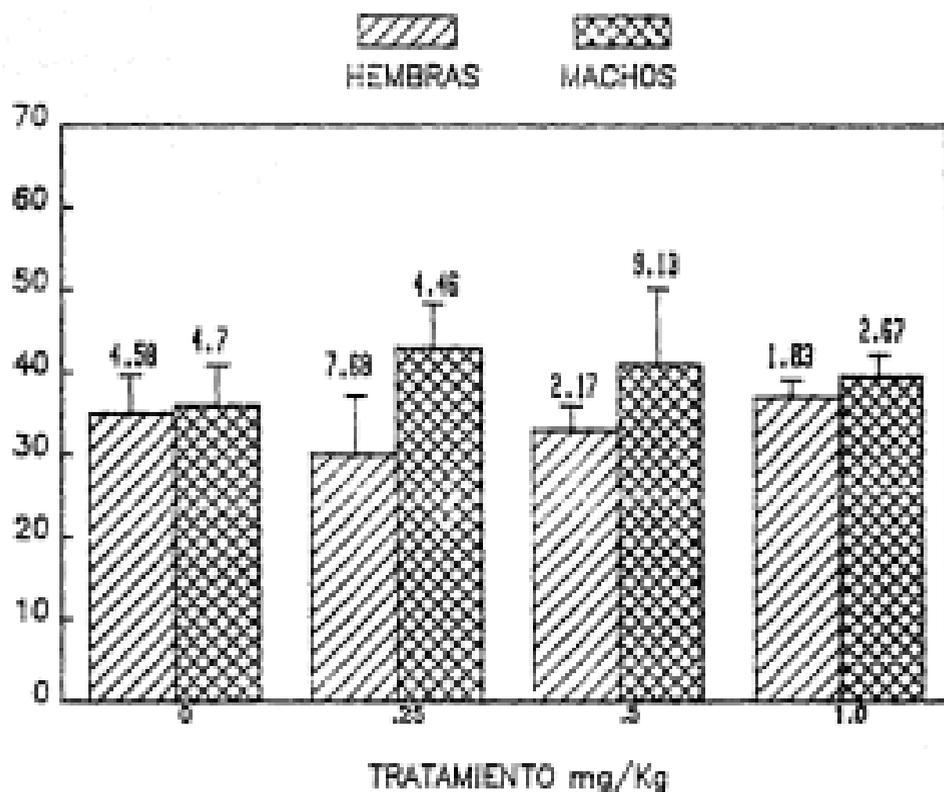
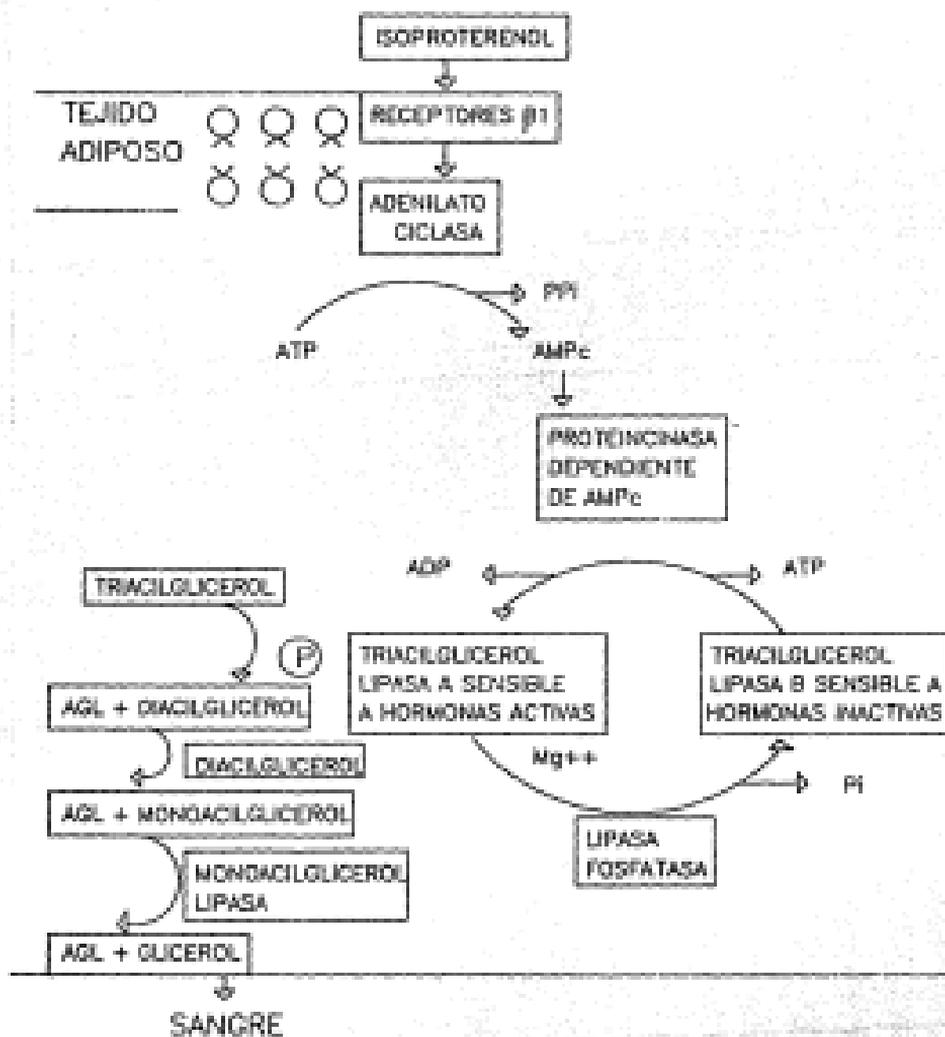


FIGURA 6. GANANCIA DE PESO PROMEDIO (Kg) EN CERDOS A LAS OCHO SEMANAS CON DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO CON ISOPROTERENOL EN LA DIETA.



MÉCANISMO DE ACCION PROPUESTO PARA EL ISOPROTERENÓL



FORMULA QUIMICA DE ADRENALINA Y ALGUNOS  
AGENTES BETA-ADRENERGICOS

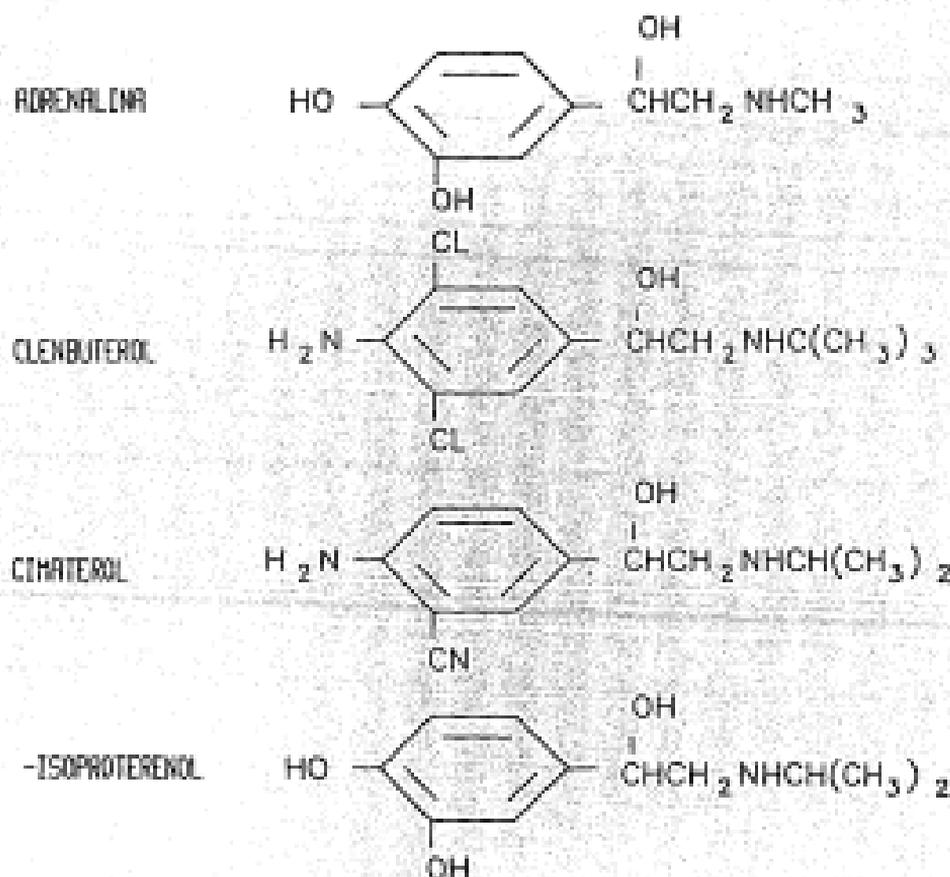


FIGURA 8.