UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"EFECTO DE TRES NIVELES DE RACTOPAMINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, ECONÓMICO Y CALIDAD DE CANAL EN CERDOS PARA ABASTO."

TESIS QUE PRESENTA

Pedro Argüello Barrera

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Asesor:
MC. Antonio García Valladares

Morelia, Michoacán. Enero del 2007

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"EFECTO DE TRES NIVELES DE RACTOPAMINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, ECONÓMICO Y CALIDAD DE CANAL EN CERDOS PARA ABASTO."

TESIS QUE PRESENTA

Pedro Argüello Barrera

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Morelia, Michoacán. Enero del 2007

Documento No. 1793//2006

Se dictamina APROBAR la impresión definitiva del documento

Morelia, Mich., a 13 de Noviembre del 2006

C. MVZ. Alberto Arres Rangel
Director de la FMVZ-UMSNH
P r e s e n t e .

Por este conducto hacemos de su conocimiento que la tesis titulada **"EFECTO DE TRES NIVELES DE RACTOPAMINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO , ECONÓMICO Y CALIDAD DE CANAL EN CERDOS PARA ABASTO"**, del **P.MVZ. PEDRO ARGUELLO BARRERA,** dirigida por el **MC. ANTONIO GARCÍA VALLADARES,** fue ***revisada y aprobada*** por esta mesa sinodal, conforme a las normas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE.

DR. OCTAVIO CALDERÓN ORTIZ
Presidente

MVZ. LAURO ROGELIO CHÁVEZ RODRÍGUEZ
Vocal

MC. ANTONIO GARCÍA VALLADARES
Vocal

DEDICATORIA.

A Dios:

Por que crea y reclama el último aliento de vida
y me hace comprender a cada instante
que solo soy alguien, nada importante
para realizar su voluntad, ya definida.

A mis padres:

Pedro Argüello Díaz, Elitania Barrera Alfaro.

María Cleofás Argüello Díaz, Pedro Argüello Peñuelas (†),
Leopoldo Argüello Díaz (†), Eva Moreno López.

A mis hermanos:

Israel, Rosario Angélica y Karina Argüello Barrera.

Octavio, Leopoldo, Javier, Eva, Guadalupe, Salvador, Cecilia y Alma Rosa Argüello Moreno y a sus respectivas familias.

A mi familia:

María de Jesús Ramírez, Jesica y Valeria Ventura Argüello Ramírez.

AGRADECIMIENTOS.

A la familia:

Ramírez Pérez: Don Francisco (†), María de la Luz, Agustina y Yolanda.

A los M.V.Z.:

Juan Carlos Galván y Juanita Hernández.
Nallely y Estefany Galván Hernández.

A los M.V.Z.:

M. C. Antonio García Valladares.
Dr. Octavio Calderón Ortiz.
Dr. Lauro Rogelio Chávez Rodríguez.

A TOÑO de "Carnitas CARMELO".

A las maestras:

Julia López (†), Margarita, Magdalena y Doña Rita (†).

En general:

A todas las personas, compañeros y amigos que con sus comentarios, criticas o palabras de aliento, me obligan constantemente a estudiar y actualizarme en esta loable profesión.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN 1

1.1.-Clorhidrato de ractopamina 3
1.2.-Mecanismos de acción 4
1.3.-Metabolismo 5
1.4.-Registros ante la SAGARPA 6
1.5.-Toxicidad 7
1.6.-Excreción 8
1.7.-Salud Pública 9
1.8.-Requerimiento de aminoácidos 10
1.9.-Resultado de investigaciones anteriores utilizando la ractopamina 11

II.- HIPÓTESIS 14

III.- OBJETIVOS 15

IV.- MATERIAL Y METODOS 16

4.1.-Animales 16
4.2.-Alojamientos 16
4.3.-Tratamientos 17
4.4.-Registro de pesaje y medidas 17
4.5.-Diseño experimental 20
4.6.-Dietas 20

V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23

5.1.-Resultados del comportamiento productivo por sexo……29

5.2.-Análisis de costos de los resultados..……..34

VI.- CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS 36

VII.- BIBLIOGRAFÍA 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.- Estructura química de la ractopamina 3

Figura No. 2.- Esquema ilustrativo del conteo de las vértebras torácicas 18

Figura No. 3.- Sitio de medición del área del músculo *longissimus dorsi*.....19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.- Residuos de RAC encontrados en dos órganos del cerdo 9

Cuadro No. 2.- Composición de la dieta testigo 21

Cuadro No. 3.- Composición de las dietas con RAC 22

Cuadro No. 4.- Comportamiento productivo de acuerdo a la dosis de RAC 23

Cuadro No. 5.- Comportamiento productivo por sexo 29

Cuadro No. 6.- Resultados costo/beneficio por tratamiento 35

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No.1.- Efecto de la adicción de RAC sobre el consumo diario.....24

Gráfica No. 2.- Ganancia diaria de los cerdos con diferentes dosis de RAC 25

Gráfica No. 3.- Efecto de la dosis de RAC sobre el índice de conversión.....26

Gráfica No. 4.- Grasa dorsal (P_2) de los cerdos 27

Gráfica No. 5.- Área del músculo *longissimus dorsi* de los cerdos.....28

Gráfica No. 6.- Efecto de la interacción sexo x dosis sobre el consumo diario 30

Gráfica No. 7.- Interacción dosis x sexo sobre la ganancia diaria 31

Gráfica No. 8.- Interacción dosis x sexo sobre el índice de conversión 32

Gráfica No. 9.- Interacción sexo x dosis sobre la grasa dorsal.....33

Gráfica No.10.- Interacción sexo x dosis del área del músculo *longissimus dorsi*.....34

RESUMEN

El trabajo se realizó en una granja localizada en las inmediaciones del Municipio de Álvaro Obregón, Mich, con el objetivo de medir el desempeño productivo, (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso e índice de eficiencia alimenticia), económico (costos por concepto de alimentación), y la calidad de la canal (grasa dorsal y área del músculo *longissimus dorsi*) en cerdos que fueron alimentados por 30 días a partir de los 80 Kg de peso vivo, con dietas de finalización adicionadas con 0, 4.5 y 9 gr (0, 5 y 10 ppm) de clorhidrato de ractopamina, las cuales contenían un valor nutricional de 14.01% de proteína, 0.06% de lisina y 3,200 kca/Kg para la dieta con 0 ppm y 16.84% de proteína, 0.89% de lisina y 3,283 Kcal/Kg para las dietas con 5 y 10 ppm; se utilizaron 36 hembras y 36 machos castrados, se dividieron en forma aleatoria en lotes de 3 animales cada uno. Los datos obtenidos fueron analizados por la metodología de ANOVA (análisis de varianza) y GLM (modelos lineales generales) utilizando el paquete estadístico SAS versión 8. Obteniendo los siguientes resultados: no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) en el consumo diario de alimento, en la ganancia diaria de peso ni en el índice de eficiencia alimenticia; sin embargo existieron tendencias a mejorar estos parámetros con las dietas que contenían ractopamina. En la grasa dorsal y área del músculo *longissimus dorsi* si existieron diferencias ($P<0.05$), siendo menor la grasa en los cerdos alimentados con ractopamina, y el área del músculo fue mayor con ractopamina. Al evaluar el efecto de sexo no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) ni en ganancia de peso, consumo de alimento e índice de eficiencia alimenticia, pero en la grasa dorsal y área del músculo sí existieron diferencias significativas ($P<0.05$) siendo menor la grasa en las hembras y mayor el área del músculo en comparación de los machos castrados. Los costos por concepto de alimentación aumentan con las dietas de ractopamina, ya que dichas dietas tienen una mayor concentración de nutrientes incrementando el costo de las mismas. Se concluye que la adición de ractopamina, mejora las características de la canal, teniendo mejor respuesta en las hembras que en los machos castrados y que los costos de alimentación aumentan con la adición de ractopamina.

INTRODUCCIÓN

El hombre apoyado con la ciencia y la tecnología pretende proveerse así mismo de una vida con mejor salud y mayor confort.

Para lograr una vida mas saludable, sus investigaciones están enfocadas en campos como la ecología, la agricultura, la medicina y la nutrición apoyados siempre por empresas privadas y organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), que ayudan a determinar los alimentos más nutritivos por región para su explotación (González, 1995).

Dentro de la pirámide nutricional de los alimentos recomendados por los especialistas para una dieta balanceada se encuentran las proteínas, que son de origen vegetal o animal. Sin embargo son la fuente de nutrientes con mayor valor económico. Por esta razón, el reto de la agricultura y ganadería es implementar en sus explotaciones en la medida de sus posibilidades, la tecnología y técnicas necesarias para obtener mayor rendimiento productivo al menor costo posible (Cuarón, 1996).

Por esto, en la porcicultura (como en la demás áreas ganaderas), en la etapa de crecimiento y engorda del cerdo, en las ultimas tres décadas se han utilizado un sinfín de productos con la intención de disminuir costos, ya que es la etapa que requiere mayor inversión económica porque representa hasta el 70% del valor total del producto terminado. Entre ellos se encuentran los siguientes:

a).- Los antibióticos, pero a partir de 1986 se prohibió en Europa su administración como promotores de crecimiento animal, por que se considera que existe acumulación de ellos en la flora intestinal y tejido muscular del animal y al ser

consumido puede transmitir resistencia a ciertos patógenos para los humanos (García, 2002).

b).- Las enzimas, ayudan a la digestión de ciertos alimentos, pero deben incluirse en la dieta desde la gestación para alcanzar una cantidad suficiente de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en el intestino para que se observen resultados.

c).- Los probióticos, son microorganismos benéficos que se multiplican en el aparato digestivo para conformar una flora intestinal favorable.

d).- Los ácidos orgánicos se utilizan en situaciones de estrés para ayudar a la adecuada acidificación estomacal.

e).- Los estimulantes del sistema inmune utilizados en lechones.

f).- Los agentes emulsificantes que son para ayudar a la digestión de grasas.

g).- Los agentes modificadores del metabolismo, que incluyen hormonas y β adrenérgicos, (Easter *et al.,* 1988); entre otros.

En México, la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), aprobó el uso de tres β agonistas, pero solo para que sean utilizados en la dosis recomendada y para el fin que fueron registrados, ellos son:

1.- El clembuterol, que se registro para tratar problemas respiratorios en equinos.

2.- El zilpalterol, que es utilizado como aditivo alimenticio en bovinos como promotor de crecimiento.

3.- El clorhidrato de ractopamina (RAC), utilizado en cerdos en la etapa de finalización (García, 2002).

La diferencia entre lo licito y lo ilícito del uso de estos productos, es la concentración a la que se dosifica, la especie animal a la que se destina y el adecuado periodo de retiro del producto (Carranza, 2002).

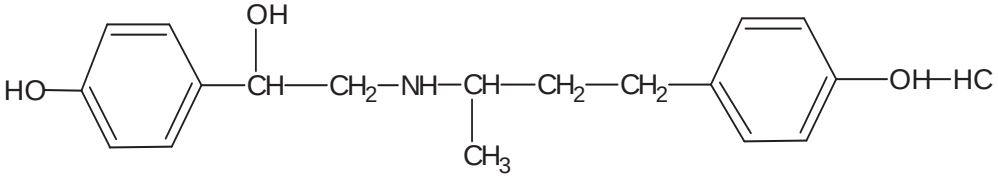
El laboratorio ELANCO patentó el PAYLEAN® y comenzó a venderlo entre los porcicultores y ha cobrado tal interés, que las grandes empresas productoras de alimentos balanceados ya adicionan el PAYLEAN® en casi toda la línea de sus alimentos terminados y concentrados para la etapa de engorda.

De aquí partió el interés del presente estudio de evaluar el RAC en condiciones de granja, en la región de Álvaro Obregón Michoacán, con cerdos en la etapa de finalización, con dietas a diferente concentración, donde se midió el rendimiento productivo y se hizo un análisis de costo-beneficio.

CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA (RAC).

Es una fenoletanolamina β-adrenoreceptor agonista (Dalodowicz *et al.,* 1992), mezcla racémica de cuatro isómeros, con dos carbonos asimétricos (Cuarón, 2001), es familia de las catecolaminas naturales epinefrina y noradrenalina (Buttery, 1993; Millis, 2002). Para mostrar actividad requiere de un anillo aromático (Fig. No. 1) con un grupo hidroxilo en la posición β del grupo alifático, (Sumano *et al.,* 2002).

Figura No. 1.- Estructura química de la ractopamina.



Los agonistas AR, tienen un anillo aromático, el de la ractopamina es hidroxilado, no halogenado que solo se metaboliza por conjugación, esto le da una vida media plasmática relativamente corta.

Por β agonistas la SAGARPA (2002), define que son compuestos químicos de los β adrenérgicos que confiere a cualquier producto, dilución o mezcla, el carácter farmacéutico especifico de los mismos, con efectos de relajación de los bronquios y una disminución de resistencia del tracto respiratorio, que también produce una relajación de útero y tiene capacidad de aumentar la masa muscular.

No aumentan el metabolismo, sino que modifican la forma en que los nutrientes se incorporan al organismo, por lo que se les denomina agentes de reparto, (Plan Nacional de Alimentación, 2002).

Los β agonistas estimulan la acción natural de las sustancias secretadas por las glándulas adrenales (corticoides, por ejemplo el cortisol y la corticosterona) y así mejoran sustancialmente su efecto manifestándose en forma de carne magra, (English, 1992; De Alba, 1993).

MECANISMOS DE ACCIÓN.

Los agonistas β AR, son moléculas orgánicas que se unen a los receptores β AR dando lugar al complejo agonista-receptor, que a su vez activa a la proteína Gs. La sub-unidad alfa de la proteína Gs activa la adenilactociclasa (adenosilciclasa), que es la enzima que produce el adenosin monofosfato cíclico (AMPc) una de las principales moléculas de señalización intracelular (gracias a ella se detectan los residuos en los tejidos). Esta molécula produce efecto al unirse a la subunidad reguladora de la cinasa proteína A, para liberar la subunidad catalítica de fosforil a un gran número de proteínas intracelulares. Las funciones de estas proteínas son muy variadas, desde

permitir la entrada del ión Ca^{++} a la célula, hasta la de la regulación proteica (Peters, 1989; Millis, 2002).

METABOLISMO.

El crecimiento postnatal del músculo esquelético, es el resultado primario de una hipertrofia y se reconoce que un aumento de la síntesis proteica muscular y una disminución de la degradación de la proteína muscular, o una combinación de ambas produce un aumento de la masa muscular (Yang *et al.,* 1989).

Los agonistas AR pueden incrementar el flujo sanguíneo a ciertas regiones del cuerpo, este aumento permite el proceso de hipertrofia en el músculo esquelético al transportar mayores cantidades de sustratos y flujo de energía para la síntesis de proteína.

Los receptores AR están presentes en la mayoría de las células de los mamíferos, aunque la distribución de los subtipos (1, 2 y 3) y la proporción de cada uno de ellos varía entre los tejidos blanco y de una especie a otra (Mersmann *et al.,* 1988).

La magnitud de la actividad fisio-farmacológica de un β agonista a un receptor, depende de la actividad intrínseca del receptor y su distribución en los tejidos blanco (Jeppson *et al.,* 1984). El acoplamiento del complejo β agonista-receptor al sistema traductor de señales, influencian el transporte del fármaco a los sitios del receptor.

La aplicación de los agonistas AR, amplifica estos efectos, el tratamiento de mamíferos con β agonistas AR, causa incremento en la cantidad RNAt para algunas proteínas del músculo esquelético, por esta razón, después del tratamiento con AR, se incrementa el RNAm para la miosina de cadena ligera (Smith *et al.,* 1989), el RNAm de la actina y el inhibidor de la proteasa calpaína calpastatina (Higgin *et al.,* 1988).

Para las grasas, se ha demostrado *in vitro* la degradación de triacilgliceroles en adipositos y la inhibición de la síntesis de ácidos grasos y de triacilglicerol (Adeola *et al.,* 1992; Preitner *et al.,* 1998). En algunos casos, en el tejido adiposo se presenta una actividad lipolítica aumentada, una actividad lipogénica disminuida o ambas (Mersmann, 1989; Mac Noel *et al.,* 1995).

La activación directa de los β AR, en el tejido adiposo y el incremento de la actividad de la proteína cinasa A, tiende a activar y translocar la hormona sensitiva a la lipasa con una subsecuente hidrólisis de los triglicéridos (Millis, 2002).

En forma general, su adición en la dieta para porcinos produce una alteración del equilibrio hídrico, lo que favorece la retención de agua por el músculo así como un descenso en el gasto de glucosa por el sistema nervioso central (SNC), esto lo manifiesta el animal con un aparente mejor estado de salud y constitución física y por lo tanto existe un menor consumo energético, (English, 1992).

REGISTROS ANTE LA SAGARPA.

El oficio 02177 del 19 de septiembre del 2002, de la Secretaria de Salud, permite utilizar al clorhidrato de ractopamina, como mejorador de la eficiencia alimenticia, por su inocuidad para el consumidor de la carne y las vísceras de los animales alimentados en la etapa de finalización, con las dosis reportadas para el registro (García, 2002).

Con la clave NOM-064 ZOO-1999 de la Norma Oficial Mexicana es aprobado por la SAGARPA para ser utilizado en México; a la empresa que lo comercializa, se otorga el número de registro Q 1807-036, se ratifica su uso en septiembre del año 2002, con la clave NOM-EM-015-ZOO-2002 (SAGARPA, 2003a).

En Estados Unidos de Norteamérica (USA), la Administración de Alimentos y Drogas (FDA), aprobó el clorhidrato de ractopamina para ser usado en la alimentación de cerdos en la etapa de finalización, en dosis de 4.5 a 18 g/ton (5 a 20 ppm). Los cerdos alimentados deben de pesar entre 150 a 240 libras; o las últimas 90 libras antes del sacrificio (Schinckel *et al.,* 2000).

La FDA, mediante su dependencia de Nuevas Drogas para Aplicación Animal (NADA), aprueba el uso del clorhidrato de ractopamina, como medicamento tipo A, determinando que el uso debe de ser para mejorar el rango de ganancia de peso, mejorar la eficiencia alimenticia e incrementar los cortes magros de los cerdos (FAO/WHO, 2003).

TOXICIDAD.

Se han realizado diversos estudios para determinar la dosis letal (DL_{50}), y el nivel de no efecto (NOEL), en diferentes animales con distintas concentraciones.
Únicamente con dosis diarias muy elevadas y por periodos de tiempo que van de tres meses a dos años, se han reportado manifestaciones de intoxicación.

A una dosis oral diaria de 250 mg/Kg/PV en ratas, por tres meses, se observó alopecia, incremento en el conteo de eritrocitos en la concentración de hemoglobina, un pequeño incremento de concentración de urea y colesterol en la orina y microscópicamente se observo que las membranas plasmáticas del músculo, se ven afectadas por pequeñas vacuolas de grasa (William *et al.,* 1985).
Con dosis de 153 mg/Kg/PV en ratas y en perros, por seis meses, se observó disminución de triglicéridos, colesterol, de potasio y conteo de eritrocitos en suero, incremento en los niveles de urea y además en los perros, enrojecimiento de las mucosas y un incremento absoluto y relativo del corazón.

Cabe hacer mención que al reducir la dosis a 100 mg/Kg/PV, poco a poco dejaron de manifestarse estos signos (William *et al.,* 1986).

En perros con una dosis de 5.68 mg/Kg/PV diario por dos años, los cambios notables fueron: disminución absoluta y relativa del peso del corazón y la glándula tiroides, disminución en la cantidad de grasa abdominal y del tórax, microscópicamente hay una disminución de glucógeno centrilobular hepático; en los primeros seis meses de tratamiento, se manifestó una leve taquicardia (William, 1987).

Estudios de genotoxicidad *in vitro e in vivo*, demostraron que a las dosis indicadas todos los resultados fueron negativos (William *et al.,* 1987).

En un estudio clínico piloto, realizado por Shipley en 1960, se trato a personas que padecían asma bronquial, con 30 y 45 mg de RAC por vía oral, por día por un periodo de tres meses, no se recogieron evidencias de actividad broncodilatadora ni alteraciones en el sistema nervioso central (SNC).

EXCRECIÓN.

Después de la administración oral de 0.125 mg/Kg/PV en cerdos, el pico máximo en plasma se alcanza a partir de la primera media hora, hasta las dos horas después baja la concentración y se mantiene por siete horas. El 95% de la RAC es eliminada en las primeras 48 horas después del primer tratamiento, y la principal vía es la orina en un 88% y en las heces en un 9% (Dalidowicz *et al.,* 1992; FAO/WHO., 1993; Elliot *et al.,* 1998; Shelver *et al.,* 2003). En el cuadro No. 1, se observan las cantidades de RAC encontradas en algunos tejidos en determinados periodos de tiempo.

CUADRO No 1.-Residuos de RAC encontrados en dos órganos del cerdo.

DOSIS	TIEMPO DE RETIRO	HÍGADO (ppm)	RIÑÓN (ppm)
20 mg/Kg	24 h	0.106/0.015*	0.116/0.32*
	48 h	0.073/0.004*	0.048/0.008*
	72 h	0.056/0.002*	0.036/0.003*

(Dalidowics *et al.,* 1992).

*Residuos totales/Residuos de RAC sin biotransformar.

La concentración en la orina durante el tratamiento es de 44-47 ng/ml y aún después de 14 días del último tratamiento se sigue encontrando, en heces se encuentran rasgos hasta los 7 días posteriores al tratamiento, esto se determinó por los métodos de cromatografía, Elisa y biosensor de resonancia (Dalidowicz *et al.,* 1992; Shelver *et al*., 2003).

SALUD PÚBLICA.

Por su rápida biotransformación hepática, debido a que difiere del clembuterol por la ausencia del ión cloro en uno de sus anillos, la FDA le otorgo un tiempo de retiro de “cero horas” para el consumo de carne procedente de cerdos con dietas de 5 a 20 ppm (FAO/WHO, 1993), que en realidad es de 12 horas (Sumano *et al.,* 2002), ya que se encuentran en vísceras y carne muy pocos metabolitos que pongan en riesgo la salud humana.

La concentración de residuos máxima (MRL) en tejidos o en leche de un medicamento y sus metabolitos, se calcula a partir de la ingesta diaria admisible (ADI), utilizando como factor de alimento diario ingerido un total de 300 g de carne, 300 g de grasa, 300 g de viseras, dos huevos y un litro de leche (Thompson *et al.,* 1980; Jeppson *et al.,* 1984; Hooijeronk *et al*., 1994).

El MRL del RAC se determino en 0.015 ppm (FDA/WHO, 1993), que es muy inferior al MRL permitido que es de 0.15 ppm, esto quiere decir que se debe consumir una gran cantidad de carne o hígado de los animales tratados, por largo periodo de tiempo, para manifestar una leve alteración cardiovascular.

REQUERIMIENTO DE AMINOÁCIDOS.

En el requerimiento de aminoácidos (aa) en la alimentación del cerdo, el más importante es la lisina, ya que es el más limitado en los ingredientes principales que integran la dieta, por esta razón se debe adicionar y en base a ella se balancean los demás aa para integrar la dieta. Los aa azufrados como la metionina y la cistina también son importantes, y se necesita una relación cercana al 0.67 % de estos aa con la lisina para minimizar la deposición de grasa y garantizar un buen crecimiento y desarrollo muscular; en el requerimiento influyen la respuesta esperada en la ganancia de peso, conversión alimenticia, además de factores genéticos (músculo magro vs. tejido adiposo), sexo, concentración de energía en la dieta, bio-disponibilidad de los mismos aa y la frecuencia de alimentación; el nivel de lisina adicionada en la dieta repercute directamente en las características de la canal, así como en su rendimiento, (Hansen *et al*., 1997; NRC, 1998; Borja *et al*., 2002).

Una alta concentración de lisina en la dieta limita el consumo, esto se explica porque se llega al tope de retención de nitrógeno en los tejidos, además existe un incremento del gasto calórico durante la absorción de los aa y la síntesis proteica del músculo esquelético, esto se compensa al existir una óptima relación lisina:energía, la cual impide el efecto de reducción de crecimiento por parte de los tejidos, (Marchant-Forde *et al*., 2003).

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES ANTERIORES UTILIZANDO LA RACTOPAMINA COMO ADITIVO ALIMENTICIO.

Diferentes autores (Depreux *et al*., 2002; Millis, 2002; Ning *et al*., 2002a; Schinckel *et al*., 2002) en sus investigaciones concluyen que existe mayor rentabilidad en los cerdos de finalización al utilizar RAC en la dietas, Guzmán (2004), reporta que no hay ganancias importantes como para usar RAC en la dieta, sí no hay un pago extra por la calidad de la canal.

El RAC, incrementa al área del ojo de la chuleta (músculo *longissimus dorsi*), la profundidad del músculo y disminuye el espesor de la grasa al ser utilizado en concentraciones de 4.5, 9 y 18 g/ton (corresponden a 5, 10 y 20 ppm respectivamente) en cerdos en la etapa de finalización a partir de 72 Kg de peso vivo (Schinckel *et al.,* 2000; Guzmán, 2004); además se reduce sustancialmente la conversión alimenticia en los 28 días de la alimentación (Kuiper *et al.,* 1998).

Se demostró que la adición de RAC en las dietas, incrementan la ganancia diaria del músculo libre de grasa en un 34 y 23.3% con dosis de 20 y 10 ppm respectivamente, con una deposición de proteína del 24%; existe reducción en el consumo de alimento del 5% con una reducción en la deposición de grasa de 13.7%, (Schinckel *et al*., 2000). El mismo autor sugiere aumentar en la dieta la cantidad de aminoácidos esenciales por el incremento muscular y la deposición de proteína.

Se obtienen mayores resultados en los tres niveles de concentración, en granjas que manejan el sistema todo adentro-todo afuera que las de flujo continuo; al igual hay mayores resultados en granjas con ambiente controlado y alta sanidad que las que están influenciadas por los cambios climáticos del medio ambiente, (Schinckel *et al.,* 2001).

Se demostraron diferencias importantes en el crecimiento muscular y el porcentaje de cortes magros entre los grupos testigos y los tratados con RAC, con siete diferentes genotipos a dosis de 20 ppm, en todos se demostró un incremento constante del 23% en la ganancia de peso (Schinckel *et al.,* 2002a).

Si se venden a empacadoras los cerdos, se tienen mayores beneficios con dietas de 9 g/ton por pago de premios, ya que las canales contienen menos grasa, pero si se venden al tablajero con la dieta de 4.5 g/ton es suficiente, porque también se obtienen músculos uniformes con mínima grasa entre tejidos (Ning *et al.,* 2002a).

Con tres líneas genéticas (Duroc, Berkshire y una línea terminal) y un peso promedio de 85 Kg se evalúo el efecto del RAC; la dieta contenía 17.6% de proteína y 1.02% de lisina. Se encontró un incremento en el área del músculo *longissimus dorsi* sin afectar la calidad y palatabilidad; se demostró que aún en las razas que tienden a acumular más grasa, con la adicción del RAC, se reduce la deposición de la misma (Stoller *et al.,* 2003; Guzmán, 2004).

Al evaluar la eficiencia de crecimiento y la calidad de la canal en cerdos castrados con un peso entre 79.8 y 103.8 Kg/PV, alimentados con dosis de 0, 5, 10 y 20 ppm, agrupados en cinco rangos de peso y alimentados por 6, 13, 20, 27 y 34 días, se reporto que el RAC mejora el desempeño productivo en todos los periodos de prueba comparado con los testigos, solo en los periodos de 27 y 34 días se mejora la calidad de la canal, y no hay diferencias entre utilizar 5 y 10 ppm en la calidad de la canal (Armstrong *et al*., 2004).

Comparando la ganancia de peso en cerdos, por tres semanas, en la etapa de finalización con la misma formulación de la dieta, pero a T_1 y a T_2 se les adiciono 5 ppm de RAC y levaduras más lacto bacilos respectivamente; se encontró que los cerdos tratados con RAC, obtuvieron mayor ganancia de peso ($P < 0.05$) que los de la

dieta testigo y la dieta con levaduras a razón de 7 y 3% respectivamente, (Guerra, 2006).

Al estudiar los efectos de la densidad energética y lisina sobre el desempeño y características de la canal en cerdos finalizados con una dieta adicionada con 10 ppm de RAC, evaluando los niveles de energía (3.30 y 3.48 Mcal/Kg) y la relación de lisina:EM (4.7, 3.1 y 2.4 g/Mcal), se obtuvo como resultado que la densidad energética no tiene efecto sobre el consumo ni la ganancia diaria de peso; la ganancia diaria y la eficiencia de la conversión se mejoraron linealmente conforme se incrementaba la relación lisina:EM. Se concluyó que una dieta con 3.30 Mcal de EM/Kg y una relación lisina:EM mayor de 3.0 g/Mcal es suficiente para el mejoramiento optimo del desempeño productivo y de la canal de los cerdos tratados con RAC (Apple *et al*., 2004).

La empresa que fabrica y distribuye la ractopamina (ELANCO, 2001), sugiere que se incremente en 0.3 puntos porcentuales el nivel de lisina en la dieta para alcanzar de 0.9 a 1.2% de lisina total, balanceando los demás aa de acuerdo a la lisina, debe de tener al menos 16% de proteína y la energía metabolizable no necesita incrementarse.

HIPÓTESIS.

Al adicionar RAC a la dieta de los cerdos en la etapa de finalización a una concentración de 5 y 10 ppm, se incrementará la deposición de proteína en el músculo y éstos aumentarán de peso más rápidamente, además disminuirá la cantidad de grasa dorsal de la canal, aunado a una mejor eficiencia alimenticia.

OBJETIVOS.

GENERAL: Evaluar el desempeño productivo y económico de los cerdos bajo dietas con 3 niveles de RAC.

PARTICULARES:

1. Medir el consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso e índice de eficiencia alimenticia.
2. Evaluar la calidad de la canal midiendo la grasa dorsal y el área del músculo *longissimus dorsi*.
3. Determinar la relación costo-beneficio por concepto de alimentación.

MATERIAL Y METODOS.

El estudio se llevó a cabo en una granja ubicada en el Km 23 de la carretera estatal Morelia-Zinapécuaro en las inmediaciones de Álvaro Obregón, Mich.

La región tiene una altitud de 1840 m SNM, el clima de la zona es templado, con lluvias en verano (Cwb), se registran temperaturas mínimas de 0°C en invierno con heladas en diciembre, enero y febrero, y máximas de 35.5°C en los meses de mayo y junio, con una media anual de 12 a 24°C; la precipitación pluvial promedio anual es de 700 mm, con vientos dominantes del norte y del oeste, (SAGARPA, 2003b).

La granja trabaja dentro con un sistema intensivo y semi-tecnificado, cuenta con una población de 16 vientres de raza Yorkshire con Landrace y un semental para línea terminal híbrido de razas Hampshire-Duroc-Pietrain. Como es de flujo continúo, los lechones son engordados en los seis corrales con que cuenta la granja. Los corrales tienen piso de cemento y son de diferentes dimensiones.

ANIMALES.

Se utilizaron 72 animales cruzados de las razas Yorshire, Hampshire, Duroc y Pietrain, 50% de machos castrados y 50% de hembras, con un peso promedio de 80 Kg.

ALOJAMIENTOS.

Se usaron corrales de 4 x 2.5 m donde se instalaron 3 cerdos en cada uno, cuentan con piso de cemento, bardas de tabique y están techados en un 65% con láminas de asbesto, tienen un bebedero de chupón automático y comedero de lámina de acero y tabique, con capacidad de entrada para cuatro bocas.

TRATAMIENTOS.

Se realizaron 6 tratamientos:

A = 0 ppm machos

B = 0 ppm hembras

C = 5 ppm machos

D = 5 ppm hembras

E = 10 ppm machos

F = 10 ppm hembras

Las variables a medir fueron:

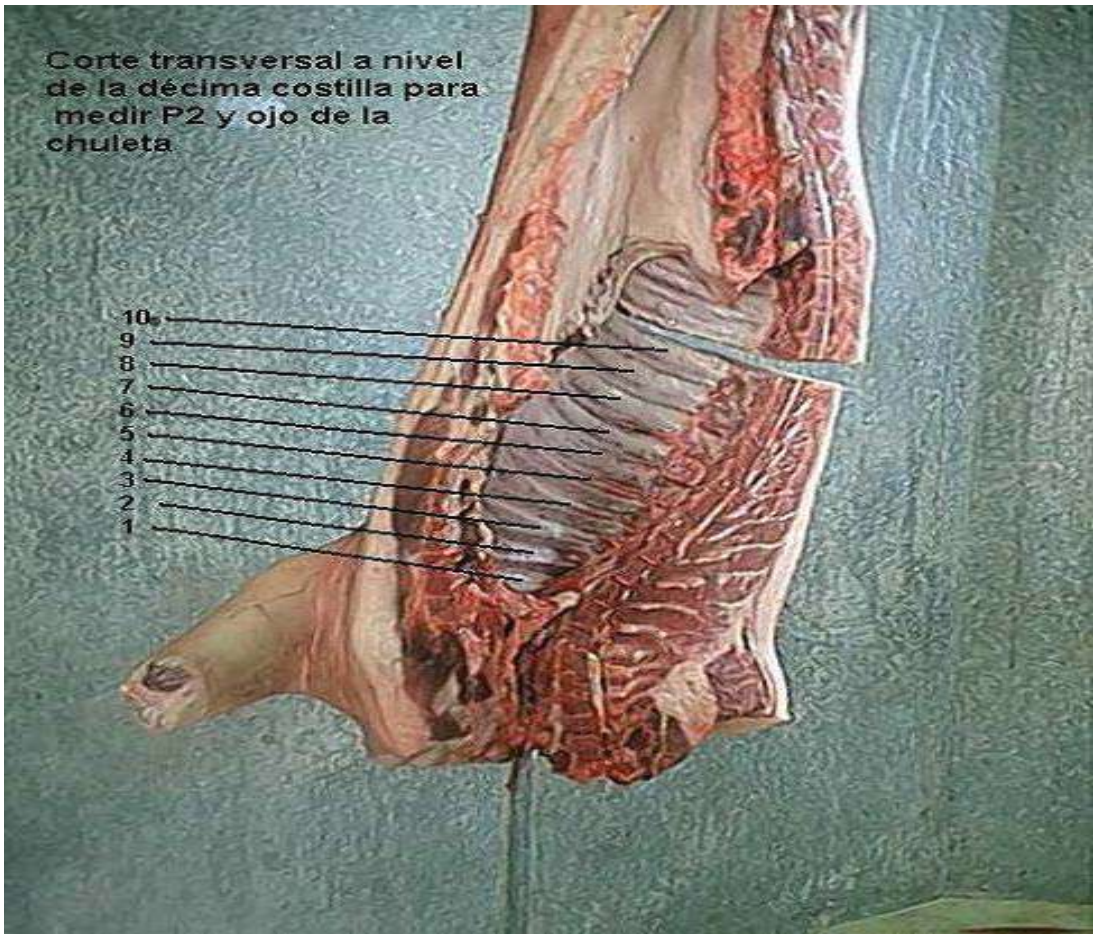
Consumo diario de alimento	(CDA)
Ganancia diaria de peso	(GDP)
Índice de conversión alimenticia	(ICA)
Grasa dorsal	(GD)
Área del músculo dorsal (*longissimus dorsi)*	(AML)

REGISTRO DE PESAJES Y MEDIDAS.

Para medir el consumo diario de alimento y la ganancia diaria de peso, se pesaron los animales antes y al final del tratamiento, así como el alimento consumido durante el periodo de estudio en una báscula Oken de 500 Kg con una graduación mínima de 100 g. Los cerdos se alimentaron dos veces al día.

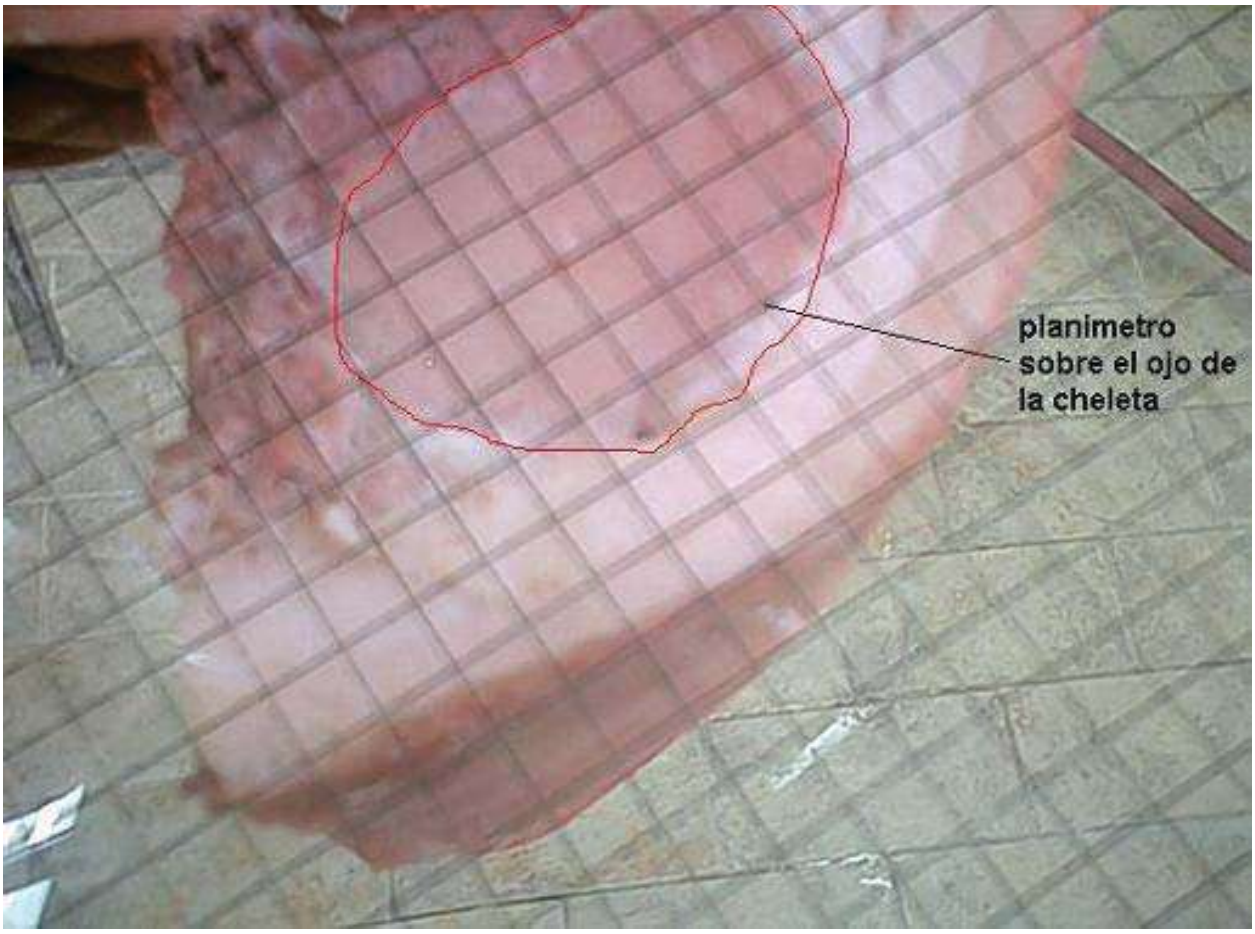
Las medidas del área del músculo *longissimus dorsi* y de la grasa dorsal, fueron tomadas con el sistema descrito por Cuthbertson y Pease (1968), una vez que la canal fue colgada, (figuras 2 y 3).

Figura No.2.-Esquema ilustrativo del conteo de las vertebras torácicas para determinar el lugar del corte donde se realizará la medición de grasa dorsal (P_2) y del área del músculo *longissimus dorsi,* de acuerdo al sistema descrito por Cuthbertson y Pease, 1968.



Fuente: Cuthbertson y Pease, 1968.

Figura No. 3.- Sitio de medición del músculo *longissimus dorsi* y forma de colocar el planímetro para determinar su área.



Fuente: Cuthbertson y Pease, 1968.

La grasa dorsal se midió a 6.5 cm de la línea media al nivel de la décima costilla con micrómetro (vernier) y el área del músculo *longissimus dorsl*, haciendo un corte transversal al músculo colocando un planímetro en la superficie del corte, se contaron los cuadros dentro del perímetro del músculo donde cada cuadro equivale a 1 cm^2.

DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2: tres dosis (0, 5 y 10 ppm), dos sexos (hembras y machos castrados). Para la variable ganancia diaria de peso (GDP) y grasa dorsal (GrD), cada cerdo de la muestra fue una repetición; para el consumo diario de alimento (CDA) y el índice de conversión (ICA), cada corral fue una repetición del tratamiento. Las variables fueron analizadas por la metodología de ANOVA (análisis de varianza) y GLM (modelos lineales generales), utilizando el paquete estadístico SAS versión 8 de 1996.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Yijk= \mu + Ti + Sj + Eijk$$

Donde:

Y = variable respuesta (CDA, GDP, ICA, GrD y área del músculo)

μ = Media poblacional

Ti = efecto fijo del tratamiento (i = 0, 5, 10 ppm)

Sj = efecto fijo del sexo (j = hembras y machos castrados)

Eijk = error estadístico

DIETAS.

La dieta para los animales del control para la etapa de finalización comprendida a partir de los 80 Kg de peso vivo, se presenta en el cuadro No. 2; la composición de las dietas adicionadas con RAC se presentan en el cuadro No. 3.

La dieta testigo fue elaborada en forma similar a los requerimientos que marca el National Research Council (NRC, 1998), para la etapa de finalización de cerdos.

Las dietas que fueron adicionadas con RAC tuvieron una mayor concentración de proteína, aminoácidos (lisina) y energía en comparación a la testigo, de acuerdo a las recomendaciones propuestas por la fabrica de alimentos balanceados de los Porcicultores Unidos de la Piedad, la empresa "Vitaminas, Minerales y Aditivos. S.A. de C.V." y Apple *et al;* 2004.

CUADRO No. 2.- Composición de la dieta testigo.

INGREDIENTES	PORCENTAJE	COSTO $ Kg.	TOTAL $
Sorgo	81.67	1.7	1,388.39
Soya	14.85	3.0	445.5
Vitaminas y minerales	0.25	28.6	71.5
Carbonato de calcio	1.3	0.75	9.75
Fosfato di cálcico	1.53	4.9	74.97
Sal	0.4	1.4	5.6
	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL		
Energía metabolizable	3,200 Kcal		
Proteína cruda	14.01%		
Lisina	0.60%		
Metionina + cistina	0.47%		
Triptófano	0.17%		
Treonina	0.51%		
Calcio	0.81%		
Fósforo	0.67%		
COSTO POR TONELADA			$1,995.71

Nota: Los costos son al mes de junio del 2006.

CUADRO No. 3.- Composición de las dietas adicionadas con RAC.

INGREDIENTES	PORCENTAJE	COSTO $ Kg	TOTAL $
Sorgo	69.26	1.7	1,177.42
Soya	23.29	3	698.70
Vitaminas + minerales	0.25	28.6	71.5
Carbonato de calcio	1.17	0.75	8.77
Fosfato di cálcico	1.35	4.9	66.15
Aceite de soya	2.78	6.2	172.36
Gluten de maíz	0.77	4.2	32.34
Sal	0.4	1.4	5.6
Lisina*	0.075	38	28.5
RAC	5/10 ppm	160/320	160/320
	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL		
Energía metabolizable	3,283 Kcal		
Proteína cruda	16.84%		
Lisina	0.89%		
Metionina + cistina	0.56%		
Triptófano	0.21%		
Treonina	0.63%		
Calcio	0.76%		
Fósforo	0.65%		
COSTO POR TONELADA 5 ppm			$2,421.34
COSTO POR TONELADA 10 ppm			$2,581.34

* Se utilizó la recomendación de adición de lisina de 750g x ton, o sea el 2.5% de lisina en un micro de 30 kg por Ton. (Vitaminas, Minerales y Aditivos S.A. de C.V.).

Nota: los costos son al mes de junio del 2006.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en el cuadro No. 4, no hay diferencias significativas (P>0.05) en el consumo diario de alimento, aunque los cerdos tratados con 5 y 10 ppm de RAC consumieron por día 33 y 200 g menos respectivamente en relación a los cerdos testigo, este efecto de menor consumo es reportada por Watkins *et al*., 1990; Bark *et al*., 1992; Crome *et al*., 1996; Kuiper *et al.,* 1998; Schinckel *et al.,* 2000 y 2002; Depreux *et al.,* 2002; Millis, 2002; Ning *et al.,* 2002; y Guzmán, 2004; los cuales mencionan que conforme se aumenta la dosis de RAC, el consumo de alimento disminuye entre 3 y 4.5% con 5 ppm y entre 5.8 y 7.5% con 10 ppm. Este efecto obliga a que las dietas con RAC requieran de mayor cantidad de proteína, lisina y energía; para compensar la disminución en el consumo y con esto cubrir sus requerimientos, (Apple *et al*., 2004).

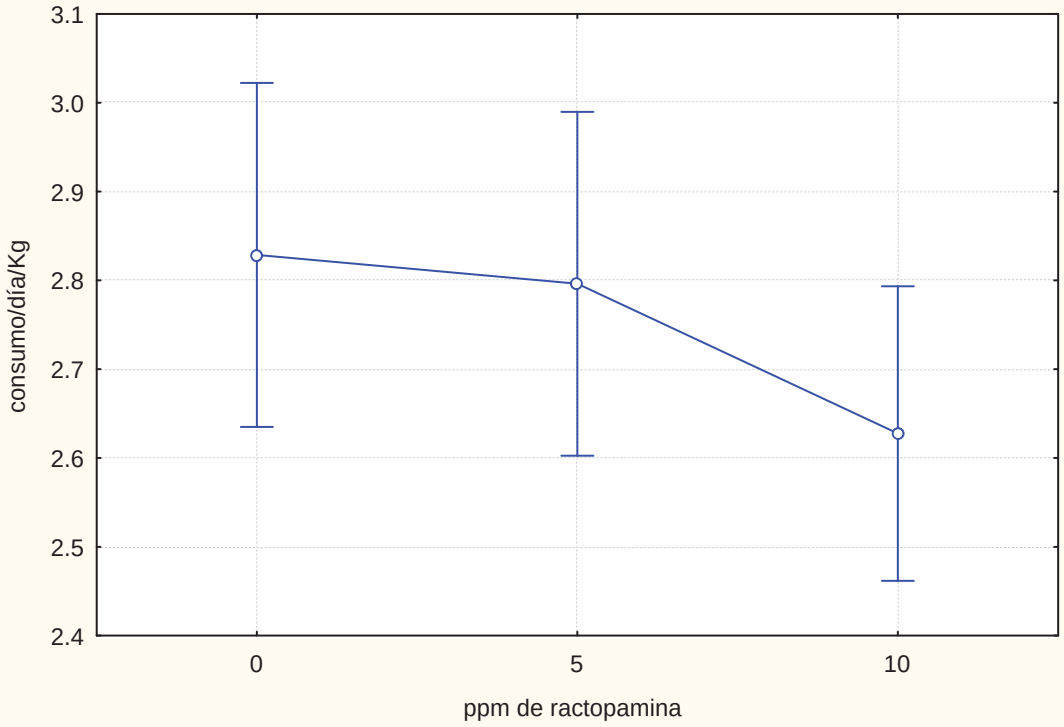
CUADRO No. 4.- Comportamiento productivo de acuerdo a la dosis de RAC.

TRATAMIENTO	0 PPM		5 PPM		10 PPM	
VARIABLES	$\tilde{X}$	± S	$\tilde{X}$	± S	$\tilde{X}$	± S
Peso inicial	79.55	4.87	79.53	4.01	79.95	3.8
Peso final	111.39	3.21	111.91	4.59	112.5	4.8
Consumo de alimento (Kg)	2.829_a	0.22	2.796_a	0.24	2.628_a	0.28
Ganancia diaria (Kg)	1.014_a	0.092	1.081_a	0.157	1.054_a	0.112
Conversión (Kg/ Kg)	2.861_a	0.330	2.481_a	0.324	2.548_a	1.487
Grasa dorsal (cm)	2.09_a	0.19	1.816_b	0.14	1.53_c	0.27
Área de la chuleta (cm^2)	36.87_a	3.50	41.78_b	2.66	41.75_b	3.31

Nota: Literales distintas en la misma línea indican diferencias (P<0.05).

El efecto sobre el consumo diario de alimento es presentado en la gráfica No. 1, donde se observa una tendencia de un menor consumo en los cerdos alimentados con 5 ppm y 10 ppm de RAC, 1.16% y 7.07 % menos de alimento respectivamente que los cerdos alimentados con la dieta testigo.

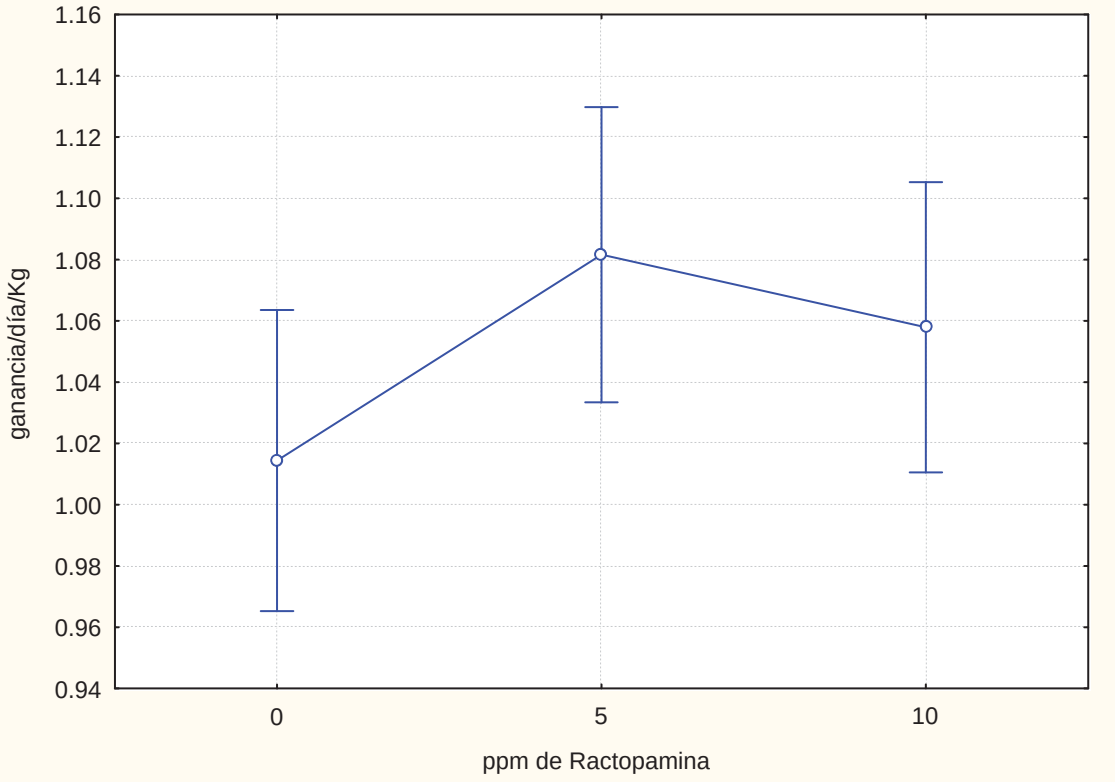
Gráfica No. 1.- EFECTO DE LA ADICIÓN DE LA RACTOPAMINA SOBRE EL CONSUMO DIARIO



En cuanto a la ganancia diaria de peso, no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) entre los tres tratamientos, aunque los cerdos tratados con RAC ganaron 67 y 40 g más que el los testigos, con 5 y 10 ppm respectivamente, estos resultados no coinciden a los reportados por Schinkel *et al*., 2001 y 2003; Depreux *et al.,* 2002; Millis, 2002; Ning *et al.,* 2002; y Armstrong *et al*., 2004, ya que ellos citan ganancias significativamente superiores (con 5 ppm de 7 a 13.3% y con 10 ppm de 8 a 13.6%) en los cerdos con RAC en comparación que sin RAC. Es posible que estas diferencias se deban al menor contenido de lisina en la dieta de este experimento (0.89%), y los autores antes citados utilizaron un contenido de lisina del 1.1%.

En la grafica No. 2, se presenta la tendencia de respuesta de la ganancia diaria de los cerdos en los dos tratamientos con RAC comparado con el tratamiento testigo, la mayor ganancia se manifestó con 5 ppm existiendo una ganancia de 7.8% y con 10 ppm disminuye este efecto a 3.8%, estos valores son similares con los resultados obtenidos por Reese y Bitney, 2001; donde muestra un incremento de 7% con 5 ppm.

Gráfica No. 2.- GANANCIA DIARIA EN LOS CERDOS CON DIFERENTES DOSIS DE RACTOPAMINA

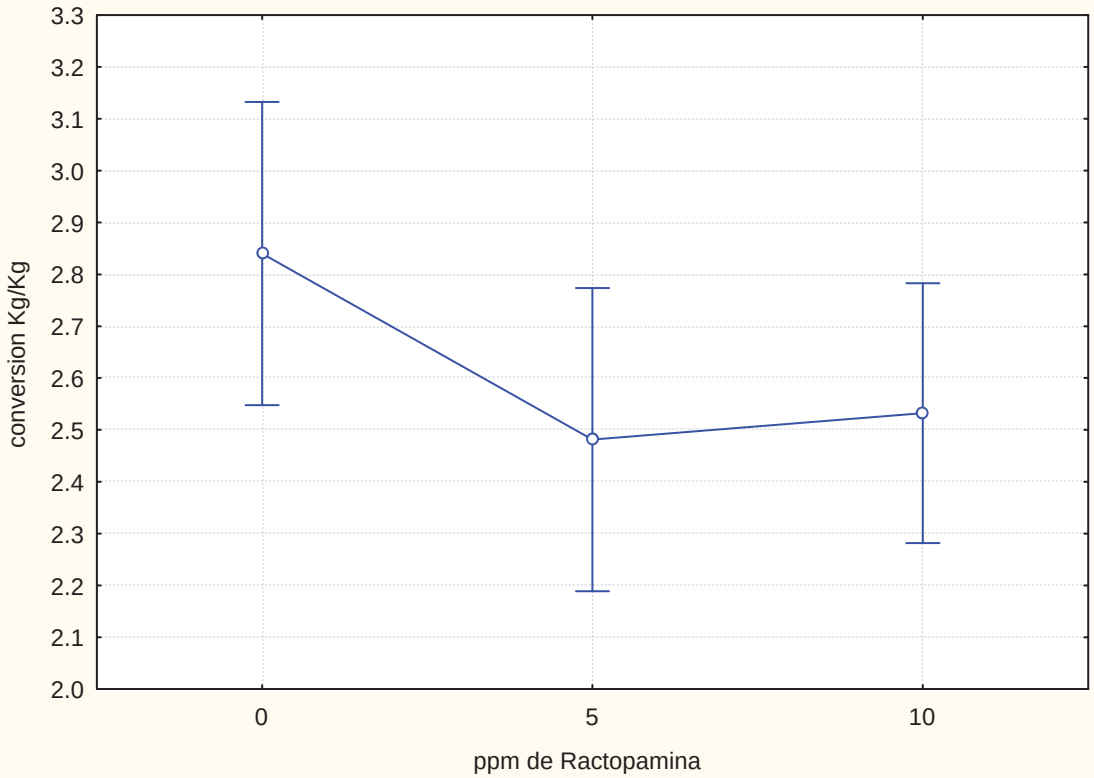


En el índice de conversión alimenticia, no existieron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05) entre los tres tratamientos; con 5 y 10 ppm los cerdos requirieron 380 y 313 g menos de alimento por cada Kg de ganancia de peso respectivamente, comparado con los cerdos testigo. Esta tendencia a ser más eficiente el índice de conversión, coincide a lo reportado por Kuiper *et al*., 1998,

Schinckel *et al*., 2001, 2002a; Armstrong *et al*, 2004 y Guzmán, 2004, los cuales mencionan que la adición de RAC mejora dicho índice de 12 a 15%. Schinckel *et al.*, 2000; Reese y Bitney, 2001; señalan una mejora en el índice de conversión, del 8% al 13% con dietas adicionadas con RAC a dosis de 5 a 20 ppm, Guzmán en el 2004, obtuvo un incremento del 13 y del 11.54% con 5 y 10 ppm respectivamente, siendo muy similar a los valores determinados en el presente trabajo.

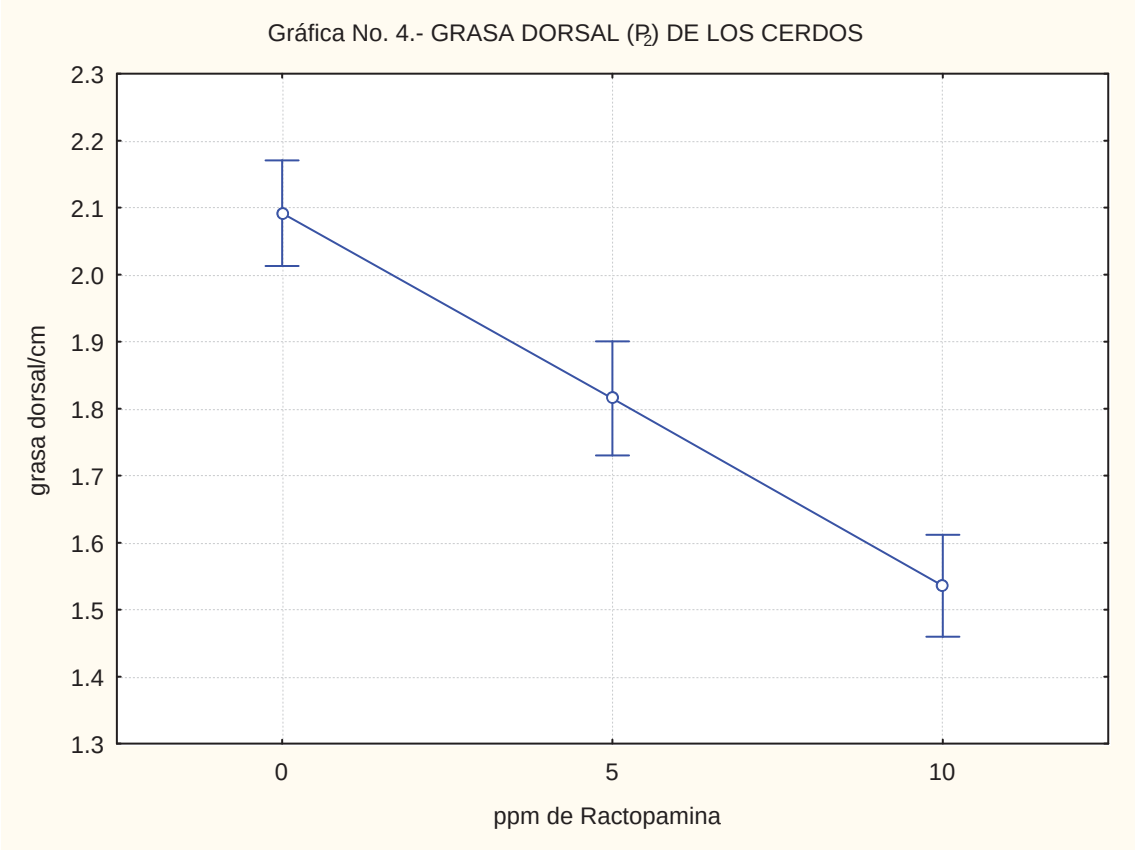
En la gráfica No. 3, se observa la tendencia a mejorar, donde se muestra el mayor índice de conversión con 13.28% a 5 ppm y de 10.94% con 10 ppm, en relación a la dieta testigo.

Gráfica No.3.- EFECTO DE LA DOSIS DE RACTOPAMINA SOBRE EL ÍNDICE DE CONVERSIÓN



Respecto a la medición de la grasa dorsal, se observó que conforme aumenta la cantidad de RAC en la dieta, la grasa dorsal disminuye (P<0.05); la reducción fue de

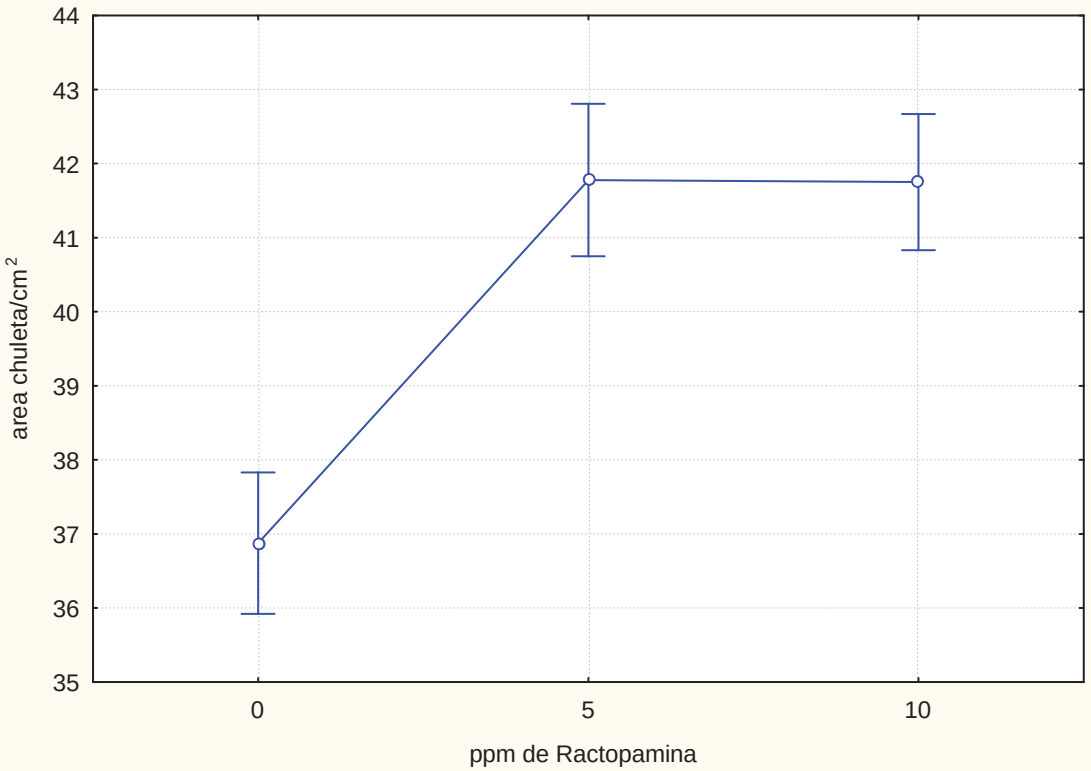
2.7 y 5.6 mm de grasa en las canales de los cerdos tratados con 5 y 10 ppm respectivamente con relación a las canales testigo. Respuesta similar es reportada por Depreux *et al.,* 2002; Millis, 2002; Ning *et al.,* 2002; Schinckel *et al*., 2001, 2002; Armstrong *et al*., 2004. En la gráfica No. 4, se observa el efecto decreciente en forma constante y lineal del índice de grasa dorsal (IGD), con 5 ppm disminuye 13 % y con 10 ppm disminuye 26% respecto a la dieta testigo; esto coincide con lo reportado por Schinckel *et al*., 2002; y Pérez, 2005; donde encontraron que hay una disminución de grasa dorsal sostenida al utilizar 5, 10 y 20 ppm de RAC en la dieta.



También se observó que la adición de RAC en la dieta, aumenta el área del músculo *longissimus dorsi* (P<0.05) con respecto a los cerdos alimentados con la dieta testigo, sin embargo no existió diferencia estadísticamente significativa (P>0.05) entre los cerdos tratados con RAC, ya que el área del músculo *longissimus dorsi* de

los cerdos alimentados con 5 ppm aumentó 4.7 cm^2 y con 10 ppm 4.74 cm^2; lo que significa un incremento del 12 y 13% respectivamente (gráfica No. 5). También Schinkel *et al*., 2002; Stoller *et al*., 2003; Armstrong *et al*., 2004; Apple *et al*., 2004; Guzmán, 2004; y Pérez, 2005; obtuvieron respuestas similares (P<0.05), señalando un incremento entre el 11 y 15% en el área del músculo *longissimus dorsi* conforme se aumenta la dosis de RAC en la dieta, además sugieren que una dieta con 5 ppm es la adecuada para el porcicultor que no entrega su producto a empacadoras y obtienen un pago extra por cantidad de cortes magros al comparar costos y beneficios, porque dietas con 10 y 20 ppm a pesar de que disminuyen el espesor de grasa y aumentan el área del músculo *longissimos dorsi,* estas características solo favorecen al tablajero o a la empacadora al obtener mayor cantidad de carne magra y no se paga un estimulo proporcional al productor.

Gráfica No. 5.- ÁREA DEL MÚSCULO *longissimus dorsi* DE LOS CERDOS



RESULTADOS DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO POR SEXO.

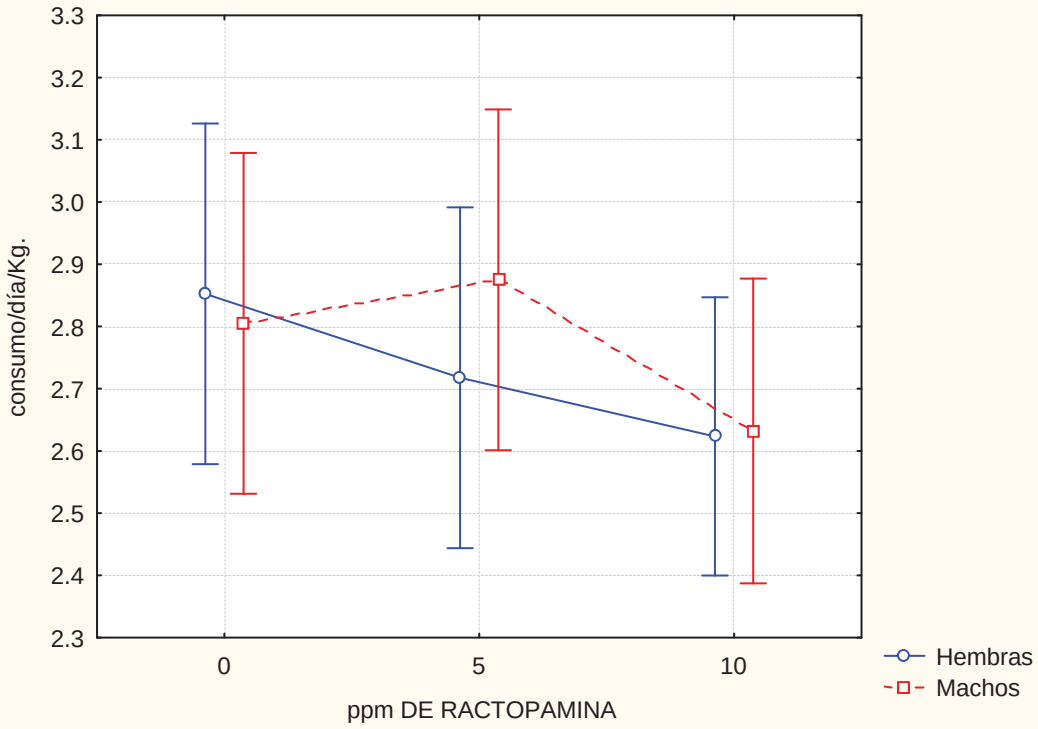
En el cuadro No. 5, se presentan los resultados del comportamiento productivo y de la calidad de la canal en relación al factor sexo. En el consumo diario de alimento no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05), aunque las hembras consumieron 44 g menos que los machos castrados, esto coincide con lo reportado por English (1992), el cual cita que los machos castrados tienden a comer más que las hembras y machos enteros. En la interacción sexo por dosis de RAC, se observa en la gráfica No. 6, un efecto en donde las hembras disminuyen el consumo conforme se incrementó las dosis de RAC, sin embargo en los machos el consumo presento un ligero aumento con una dosis de 5 ppm de RAC y tiende a disminuir nuevamente con 10 ppm de RAC, aspecto que no se puede explicar, ya que lo esperado es que hubiesen disminuido el consumo conforme se aumenta la dosis de RAC.

CUADRO No. 5.- Comportamiento productivo por sexo.

VARIABLES	HEMBRAS		MACHOS	
	$\tilde{X}$	±S	$\tilde{X}$	±S
Consumo de alimento (Kg)	2.716 a	0.0316	2.760 a	0.189
Ganancia diaria (Kg)	1.026 a	0.196	1.079 a	0.146
Conversión alimenticia (Kg)	2.717 a	0.507	2.504 a	0.262
Grasa dorsal (cm)	1.71 a	0.32	1.92 b	0.28
Área del la chuleta (cm^2)	40.85 a	1.99	39.42 b	4.63

Nota.- Literales diferentes en la misma línea muestran diferencias significativas (P<0.05).

Gráfica. No. 6.- EFECTO DE INTERACCIÓN SEXO x DOSIS DE RACTOPAMINA SOBRE EL CONSUMO DIARIO

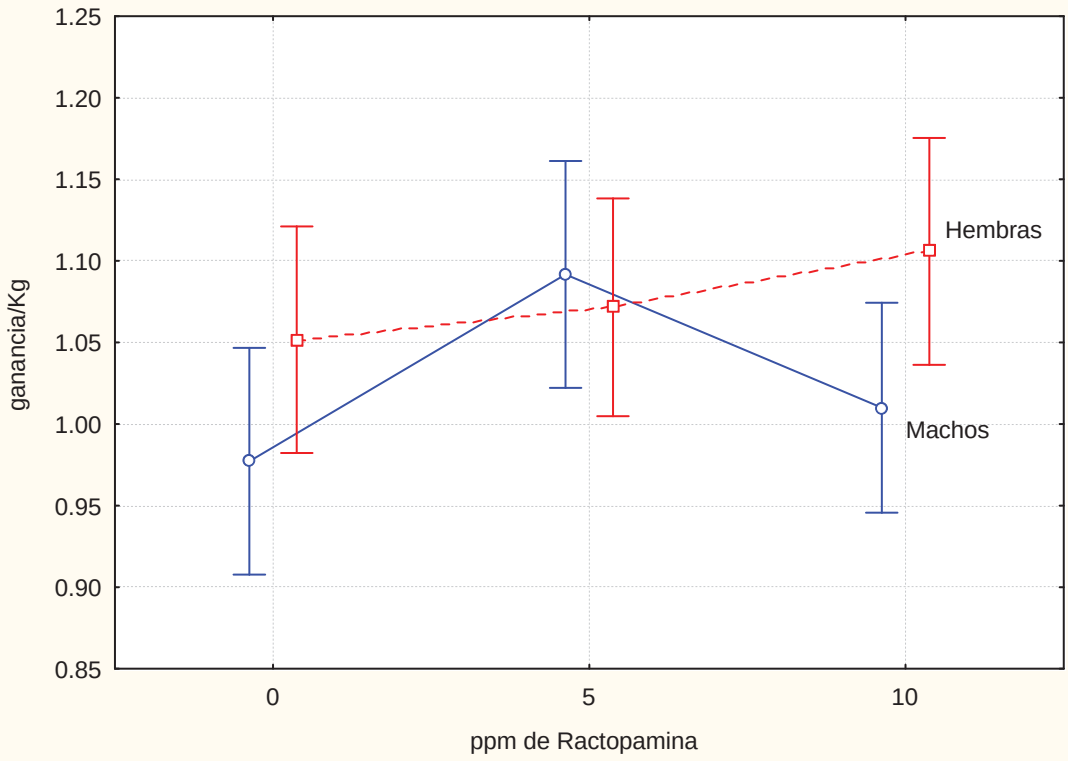


En cuanto al efecto del sexo en la ganancia diaria de peso (GDP), no hubo diferencias estadísticamente significativas (P>0.05), aunque los machos castrados mostraron un 5% de mayor ganancia que las hembras. Esta tendencia es similar a la reportada por Ning *et al.,* 2002; Schinckel *et al.,* 2002; Guzmán, 2004; y Pérez *et al.,* 2005; que mencionan que los machos ganan más peso que las hembras, y que en gran parte se debe a un mayor consumo.

En la interacción de dosis por sexo sobre la GDP, se observa en la gráfica No. 7, que los machos castrados ganan más peso con 5 ppm, pero disminuye con la dieta de 10 ppm. Las hembras manifiestan una tendencia que conforme aumenta la dosis es mayor la ganancia, este efecto es reportado por Schinkel *et al.,* 2000;

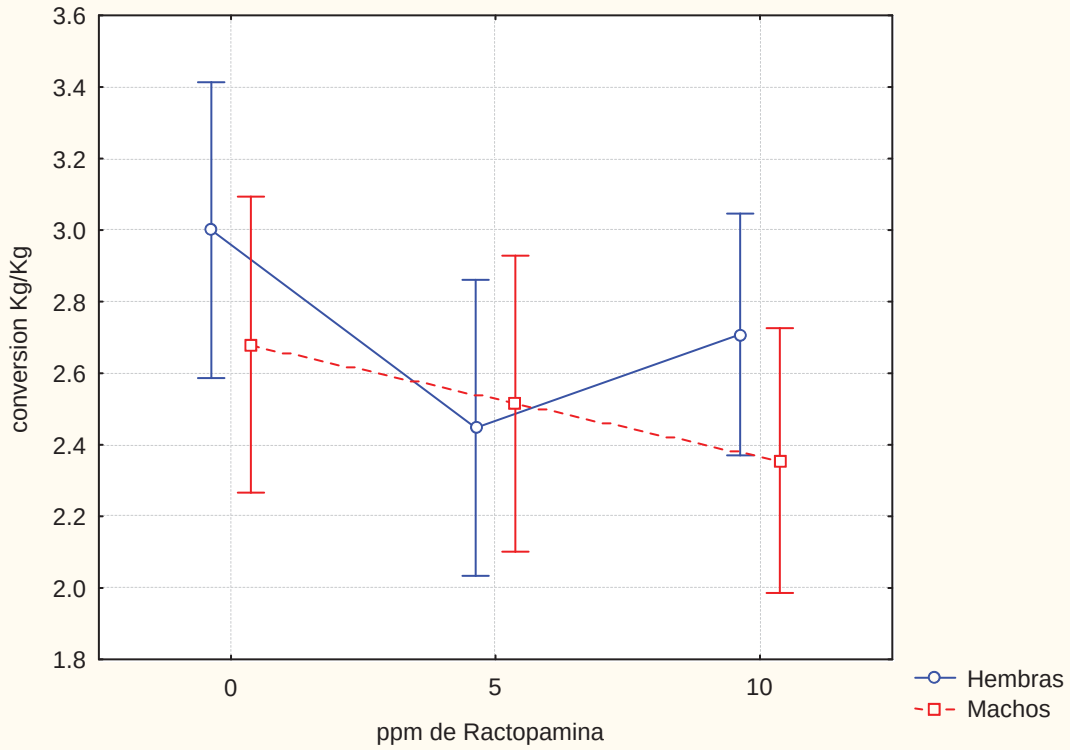
mencionando que las hembras ganan más peso que los machos castrados conforme aumenta la dosis de RAC en la dieta.

Gráfica No.7.- INTERACCIÓN DOSIS x SEXO SOBRE LA GANANCIA DIARIA



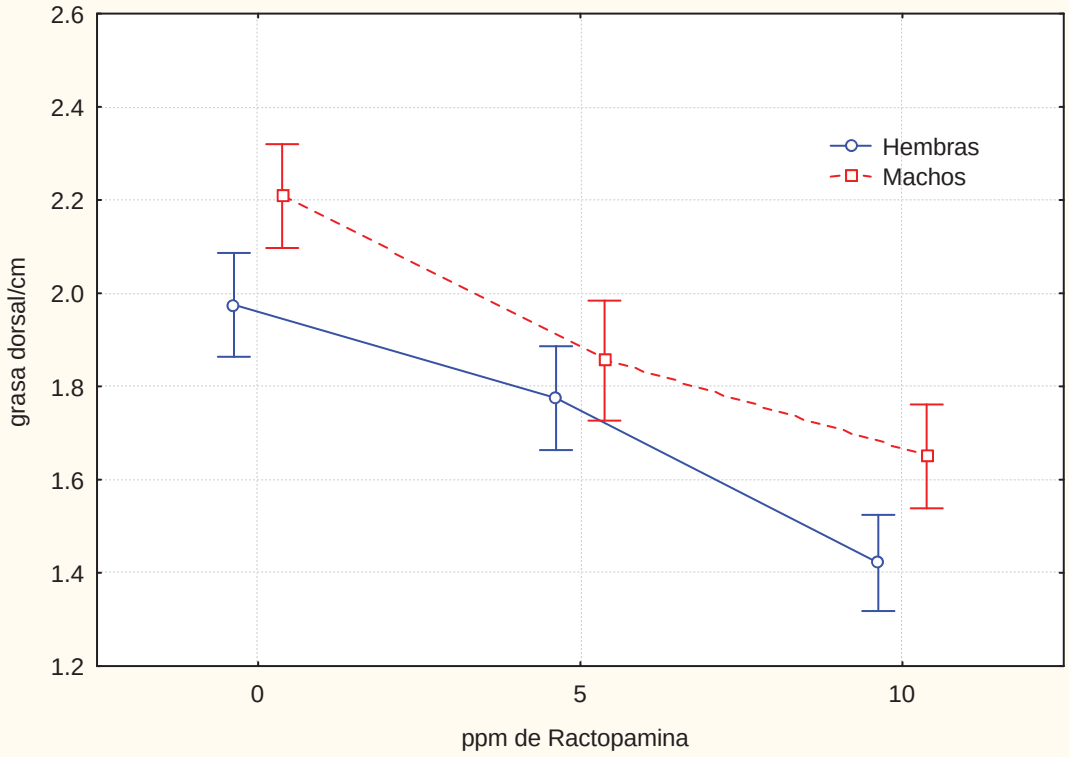
Con respecto a la conversión alimenticia, no existieron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05), aunque los machos castrados mostraron una tendencia a mejorar el índice de conversión en 7.83% superior que las hembras. En la interacción de dosis por sexo (gráfica No. 8), los machos presentan un efecto lineal a disminuir el índice de conversión conforme se aumenta la dosis de RAC, en cambio las hembras con 5 ppm disminuyen el índice, pero con 10 ppm tiende a incrementar nuevamente.

Gráfica No. 8.- EFECTO DE INTERACCIÓN DOSIS x SEXO SOBRE EL ÍNDICE DE CONVERSIÓN



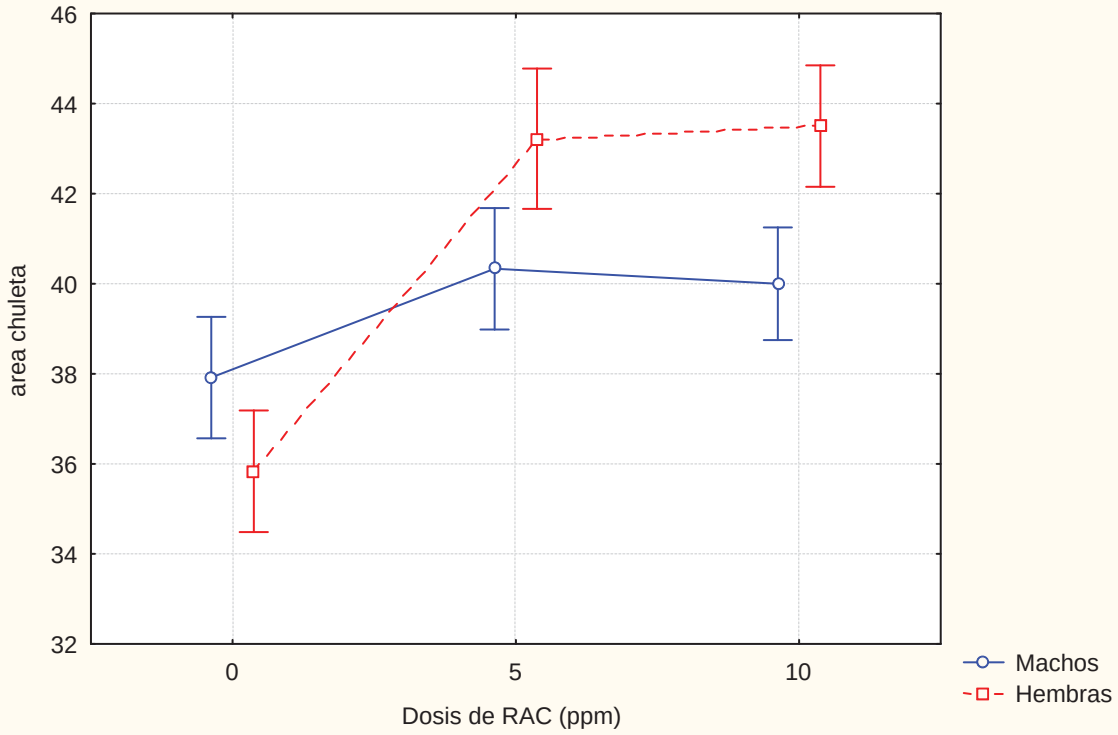
En lo referente a la grasa dorsal se encontraron diferencias significativas (P<0.05) por efecto del sexo, siendo menor 12% en las hembras en comparación con los machos. Esto coincide con lo reportado por Ning *et al.,* 2002; Schinckel *et al.,* 2002; Guzmán, 2004; y Pérez *et al.,* 2005, los cuales mencionan un menor espesor de grasa dorsal en las hembras. En interacción sexo por dosis (gráfica No. 9), se observa que en ambos sexos disminuye la grasa dorsal conforme se aumenta la dosis de RAC.

Gráfica. No. 9.- INTERACCIÓN SEXO x DOSIS SOBRE LA GRASA DORSAL



En el área del músculo *longissimus dorsi* se encontraron diferencias significativas (P<0.05%) por sexo, siendo en las hembras mayor el área que en los machos. En la gráfica No. 10, se observa que en ambos sexos la adición de 5ppm de RAC aumenta el área del músculo, pero al aumentar la dosis a 10 ppm ya no se incrementa dicha área, manteniéndose en el mismo nivel que con 5ppm.

Gráfica No. 10.- INTERACCIÓN SEXO x DOSIS
DE RACTOPAMINA SOBRE EL ÁREA DEL MUSCULO longissimus dorsi



ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS.

En el cuadro siguiente (No. 6), se presentan los conceptos usados para obtener los costos de cada Kg de ganancia de peso en los cerdos bajo los distintos tratamientos, donde se observa que el costo por Kg de ganancia de peso, es superior en un 11.02 y 13.1% en los cerdos con 5 ppm y 10 ppm de RAC respectivamente, comparado con los de la dieta testigo, esto concuerda con lo citado por Guzmán, 2004., el cual reporta un aumento del 10.6% con 5 ppm y de 11.5% con 10 ppm de RAC.

En el presente trabajo no se hace un análisis considerando el pago de la calidad de la canal, porque en el Municipio de Morelia y Tarímbaro, no se vende el cerdo en canal sino en pie y generalmente no hay un pago diferente por tipo de cerdo (magro o gordo). Sin embargo disminuyen los problemas para encontrar comprador, ya que la apariencia del cerdo es notablemente mejor cuando se le adiciona ractopamina a la dieta.

CUADRO No. 6.- RESULTADOS COSTO/BENEFICIO POR TRATAMIENTO.

VARIABLES	00 PPM	5 PPM	10 PPM
No. De animales	24	24	24
Peso inicial (Kg)	79.593	79.733	80.99
Peso final (Kg)	111.38	112.455	113.07
Ganancia diaria (Kg)	1.014	1.081	1.058
Ganancia en 30 dias	30.42	32.43	31.74
Ganancia total (Kg)	730.08	778.32	761.76
Consumo/día/cerdo	2.829	2.796	2.628
Consumo (Kg) en 30 dias	84.87	83.88	78.84
Consumo total (Kg)	2,036.88	2,013.12	1,892.16
Conversión (Kg/Kg)	2.861	2.481	2.548
Costo Ton de alimento	$1,995.71	$2,421.34	$2,581.34
Costo total del alimento	$4,065.78	$4,874.45	$4,884.31
Costo x Kg de ganancia	$5.57	$6.26	$6.41

Nota: los costos del alimento son al mes de junio del 2006.

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

- No se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia al adicionar la ractopamina en 5 y 10 ppm, aunque existió una tendencia a disminuir el consumo con la adición de ractopamina.

- Se mejora la calidad de la canal tanto en grasa dorsal como en el área del músculo *longissimus dorsi* al adicionar la ractopamina en la dieta.

- Las hembras presentaron una mejor respuesta en las características de la canal en comparación a los machos con las dietas de ractopamina.

- Se incrementa el costo por concepto de alimentación con la adición de la RAC en la dieta.

- Con el sistema actual de pago en pie sin estimular al productor por la calidad de la canal de los cerdos, no representa ventaja económica alguna a los productores usar este producto.

- Se recomienda realizar más trabajos probando diferentes niveles de ractopamina y diferentes niveles de lisina y proteína cruda.

BIBLIOGRAFÍA.

Adeola, O.; Mc Bride, B.W.; Young, L.G.1992. Metabolic response induced by isoproterenol in ractopamine feeds pigs. J. Nutr.122: 1280-1286.

Apple, J.K.; Maxwell, C.; Brown, D.c.; Friesen, K.G.; Mursser, R.E.; Johnson, Z.B.; Armstrong, T.A. 2004. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. J. Anim Sci. 82(11):3277-3287.

Armstrong, T.A.; Ivers, D.J.; Wagner, J.R.; Anderson, D.B.; Weldon, W.C.; Berg, E.P. 2004.The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristic, and mead quality of finishing pigs. J. Anim Sci., 82 (11):3245-3253.

Bark, L. J., Stahly, T.S., Cromwell, G.L. and Miyat, J. 1992. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. J. Anim. Sci. 70:3391–3400.

Borja, E.; Mendel, P. 2002. Avances de la alimentación del porcino. En Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. España.

Buttery, P. Growth promotion in Animals-an Overview. 1993. En Livestock Productivity Enhancers: An Economic Assessment. Bent M. Editor. CAB Intermational. Oxon. UK. p. 11-13.

Carranza, M.O. 2002. Antecedentes sobre el uso de β agonistas. Boletín informativo. SAGARPA.

Crome, P. K., McKeith, F.K.; Carr, T.R.; Jones, D.J.; Mowrey, D.H. and Cannon. J.E. 1996. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. J. Anim. Sci. 74:709–716.

Cuarón, I.J.A. 1996. Criterios para un uso Práctico del Concepto de Proteína Ideal. En: Temas de Actualidad para la Industria Porcícola. Barcoli R. editor. p. 77-84

Cuarón, I.J.A. 2001. Curvas de producción y el impacto del uso de ractopamina. Seminario

Cuthbertson, A.; Pease, A.H.R. 1968. The Interrelationships of Various Measurements Visual Assesments and Dissection Results on Pigs of 200 Lb Liveweigth. Animal Production. 10: 249-255.

Dalidowics, J.E.; Thomson, T.D.; Babbit, G.E. 1992. Ractopamine hydrochloride, a phenethanolamine reoartitioning agent: metabulum and residues in. Hudson DH, Hawkins DR, Paulson GD, Struble CD, editor. Xenobiotics and food producing animals. Washington DC. American Chemical Society. p. 234-243.

De Alba, J. 1993. Reproducción animal. ed. La Prensa Médica Mexicana. México. pp 55-58.

Depreux, F.F.S.; Grannt, A.L.; Anderson, D.B.; Gerral, D:E; 2002. Paylean alter myosin chain isoform content in pig muscle. J. Anim Sci. 80: 1888-1894.

Easter, A.R.; Bechtel, P.J.; Mc Keith, F.K.; Novakofsk, J.; Mc Larec, D.C. 1988. Agonistas β adrenergicos y hormona del crecimiento del cerdo. III Simposio Internacional Sobre Avances Nutricionales del Cerdo. México DF. p. 9

Elanco, Laboratorios. 2001. Folleto de Información y Propaganda. México. 14 p.

Elliott, C.T.; Thompson, C.S.; Arts C.J.M.; Crooks, S.T.H.; Baak, M.J.; Van Verheij, E.R. 1988. Screaming and confirmatory determination of ractopamine residues in calves treated with promoying doses of β-agonist. Analyst. 123: 1103-1107.

English, R. M.; 1992. Crecimiento y finalización del cerdo. ed. Moderno. México pp 158-162.

FAO/WHO, 1993. Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain veterinary drugs residues in food. Fortieth report of the Joint World Health Organitation WHO- technical-Report-Series. New York. WHO. p. 832-862.

FAO/WHO, 2003. Prepared by the Fifty-second meeting of Joint FAO/WHO. Expert Committee on Food Additives (JECFA) World Health Organitation. Geneva.

García, T.R. 2002. Estructura del marco normativo para el registro de fármacos, químicos, biológicos y aditivos para el uso de la alimentación animal. Folleto informativo. SAGARPA. p. 12-14.

González, M.M. 1995. Impacto de la nutrición en la biología humana, consideraciones evolutivas, bioquímicas y epidemiológicas. Universidad de la Alcalá de Hanares, Madrid. España. p. 9-12.

Guerra. R. V.; (En línea) junio 2006. Evaluación de dos tratamientos con dos aditivos: clorhidrato de ractopamina y levaduras más lacto bacilos como factores en los costos de alimentación y la conversión alimenticia en cerdos de finalización. http://www.agricultura.org/ consulta 8 de julio 2006.

Guzmán, F.T. 2004. Efecto del uso de la somatotropina recombinante y clorhidrato de ractopamina sobre el desempeño productivo y en canal en cerdos explotados

comercialmente. (Tesis de Maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán. México.

Hansen, J.A.; Yen, J.T.; Nelssen, J.L..; Nienaber, J.A.; Goodband, R.D.; Wheeler, T.L. 1997. Effects of ractopamine in three genotypes of finishing barrows: growth carcass and calorimeter criteria. J. Anim Sci. 75: 1810-1815.

Higgins, J.A.; Yazte, Y.V.; Badoley, R.G.; Buttery P.J. 1988. The relation between dietary restriction on clenbuterol. Purdue University. p. 125-136.

Hooijeronk, H.; Schilt, R.; Van Bennekom, E.O.; Huf, F.A. 1994. Determination of β-sympathomimetics in liver and urine by inmunoaffinity cromatography and gas chromatography-mass-selective detection. J. Chrom B. 660: 303-313.

Jeppson, A.B.; J.Johansson, U.; Wldeck, B. 1984. Steric Aspect of Agonist and Antagonism at β-adrenoreceptors: Experiments with the enantiomers of terbutaline and pindolol pharmacol toxicol. 54: 285-291.

Kuiper, H.A.; Noodam, M.Y.; Doorem-Flipsen, M.M.H.; Van Schiltr, R.A.H. 1998. Illegal use of β adrenergic agonist. J. Anim Sci. 76: 195-202.

Mac Noel, R.L.; Mersmann, H.J. 1995. B–adrenergic receptors subtype transcripts in porcine adiposities adipose tissue. J. Anim Sci. 73: 1962-1971.

Marchan-Forde, J.N.; Lay, D.C.; Pajor, E.A.; Richert,B.T.; Schinkel, A.P. 2003. The effects de ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. J. Anim Sci. 81:416-422.

Mersmann, H.J. 1988. Overview of the effect of β adrenergic receptor agonist on animal growth including mechanism of action J. Anim Sci. 76:160-172.

Mersmann, H.J. 1989. Acute change in blood flowing pigs infused with β-adrenergic agonist. J. Anim Sci. 67: 2913-2920.

Millis, S.E. 2002. Biological basis of ractopamine response. J. Anim Sci. 80: 28-32.

Ning, L.; Schinckel, A.P.; Preckel, P.V.; Foster, K.; Richer, B. 2002. Economic Evaluation of Ractopamine using a Biological Growth Model. Departments of Agricultural Economics and Animal Science. Purdue Universiry. 72-76.

Ning, L.; Schinckel, A.P.; Preckel, P.V.; Foster, K.; Richer, B. 2002a. Profitable use of ractopamine in Hog production-economics evaluation using a pig growth model. Departments of Agriculture Economics and Animal Science. Purdue University. p. 77-82.

NRC. 1998. National Research Council. Nutriment Requierements of Swine. 10 th ed. Washington, D.C. USA.; National Academy Press.

Plan Nacional de Salud Animal 2002. Boletín informativo. SAGARPA.

Peréz, A.; Obispo, N.E.; Palma, J.; Chicco, F.C. 2005. Efectos de la ractopamina y el nivel de lisina sobre la respuesta productiva de cerdos magros en la fase de engorda. (Tesis de Doctorado). Instituto de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Aragua. Venezuela.

Peters, A.R. 1989. B agonist as repartitioning agents: a review. Vet Pec. 124: 417-420.

Preitner, F.; Muzzin, P.; Revelli, J.P.; Seydoux, J.; Galitzaky, J.B. 1998. Metabolic response to various β-adrenoreceptor agonists in β 3 adrenoceptor knockout mice,

evidence for a new β-adrenergic receptor in brown adipose tissue. Br J Bharm. 124: 1684-1688.

Reese, D.E.; Bitney, L.L 2001. Economic value of ractopamine for finishing pigs. University of Nebraska Cooperative Extension EC01-219-A. Nebraska Swine Report.19-22.

SAGARPA. 2002. NOM-EM-015-ZOO-2002. México, DF.

SAGARPA-SENASICA. 2003a. NOM-064-ZOO-1999. México. DF.

SAGARPA. 2003b. Módulo de Desarrollo Agropecuario No. III. Álvaro Obregón, Mich. 2003.

Schinckel, A.P.; Richer, B.T.; Kendal, D.C. 2000. Modeling the response to pay lean and dietary lysine requirements. Purdue University. Animal Science Department. Swine Day Report.

Schinckel, A.P.; Richer, B.T.; Herr, C.T. 2001. Variation in the response of multiple genetics population of ping to ractopamine. J. Anim Sci. 80 (Supp.2): E-85 E-89.

Schinckel, A.P.; Herr, C.T.; Richer, B.T.; Einstein, M.E. 2002a. Ractopamine treatment biases in the prediction of fat-free lean mass. Departments Animal Science. Purdue University. p. 104-110.

Schinckel, A.P.; Li, N.; Richer, B.T.; Preckel, P.V.; Einstein, M.E. 2002b. “Developments of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine”. J. Anim Sci. 81(5). p. 1106-1119.

Schinckel, A .P.; Herr, C.T.; Richer, B.T.; Forrest, J.C.; Einstein, M.E. 2003. “Ractopamine treatment biases in prediction of carcass composition.” J. Anim Sci. 81 16-28.

Shelver, W.L.; Smith, D.J. 2003 Application of a monocional antibody-based enzyme-linked inmunosorbent assay of the determination of ractopanime in incurred samples from food animals. J. Agric Food Chem. May 8; 50(10). p. 2742-2747.

Shipley, R.E. 1960. Summary for research project committee. Unpublished memoranda from Lilly Research Laboratories, Division of Eli Lilly and Company, Greenfield, Indiana, USA.

Smith, S.B.; Gracia, D.K.; Anderson,B.D. 1989. Evaluation of a specific mRNA in *longissimus dorsi* muscle of steers fed ractopamine. J Anim Sci. 67:3495-3520.

Sumano, L.H.; Ocampo, C.L.; Gutiérrez, O.L. 2002. Clembuterol and other β-agonists, are they an option for meat production or a threat for public health? Vet Mex 33(2). p. 137-159.

Stoller, G.M.; Zerby, H.N.; Moller, S.J.; Baas, T.J.; Johnson, C.; Watkins, L.E. 2003. The effect of feeding ractopamine (PayLean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. J. Anim Sci. 81(6). p. 1508-1516.

Thompson, M.J.; Huss, P.; Unverferth, D.V.; Fasola, A.; Lejer, C.V. 1980. Homodynamic effects of intravenous but amine in congestive heart failure. Clim Pharmacol Then. p. 224-234.

Watkins, L. E., D. J. Jones, D. H. Mowrey, D. B. Anderson, and E. L. Veenhuizen. 1990. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. J. Anim. Sci. 68:3588–3595.

Williams, G.D.; Mc Kinley, E.R.; Bridge, T. L. 1985. The acute toxicity of compound 31537 (EL-737) administered orally to the ICR mouse. Unpublished Reports Nos. M-0-178-84 and M-0-179-84 from Lilly Research Laboratories, Division of Eli Lilly and Company, Greenfield, Indiana, USA. Submitted to WHO by Elanco Products Company, Division of Eli Lilly and Company. Indianapolis, IN, USA.

Williams, G.D.; Hoyt, J.A. 1986. An eleven-month two-generation reproduction study, including a teratology segment, in rats maintained on diets containing ractopamine hydrochlorides (EL-739, Compound 31537). Unpublished report for study Nos. R11385 and R 18985 from Lilly Research Laboratories, Division of Eli Lilly and Company, Greenfield, Indiana, USA. Submitted to WHO by Elanco Products Company, Division of Eli Lilly and Company. Indianapolis, IN, USA.

Williams, G.D. 1987. A chronic toxicity study of ractopamine hydrochioride administered orally to beagle dogs for one year. Unpublished Report No. D 05885 from Lilly Research Laboratories, Division of Eli Lilly and Company, Greenfield, Indiana, USA. Submitted to WHO by Elanco Products Company, Division of Eli Lilly an Company. Indianapolis, IN, USA.

Yang, Y.T.; Mc Elligott, M.A. 1989. Multiple action of b-adrenergic agonist on skeletal muscle and adipose tissue. Biochemistry. 226: 1-10.