



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTADES DE AGRONOMÍA Y CIENCIAS VETERINARIAS
POSTGRADO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Desempeño productivo y características de la canal de cerdos alimentados
con ractopamina, cromo y cinc orgánico**

Trabajo de Grado

Est. Graduado: Ing. Agr. Franklin E. Mora Ramírez

Tutor: Ing. Agr. MSc. Humberto Araque

Asesores:

MV. PhD. Janeth Colina R.

Ing. Agr., MSc., Dra Marta Cori.

Maracay, diciembre 2017.

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract	6
INTRODUCCIÓN	7
REVISIÓN DE LITERATURA	9
Ractopamina: Generalidades, usos y forma de acción	9
Mecanismos de acción de los agonistas beta adrenérgicos en el metabolismo....	10
a.- Tejido adiposo:	10
b.- Tejido muscular:	10
Desempeño productivo de cerdos con el uso de ractopamina.....	11
Características de la canal en cerdos con el uso de ractopamina.....	11
Uso de otros aditivos para mejorar desempeño productivo y características de la canal en cerdos.....	12
1.- Cromo	12
Metabolismo del Cromo	13
Desempeño productivo de cerdos con el uso de cromo.....	14
Características de la canal con el uso de cromo.....	14
2.- Cinc (Zn)	15
Desempeño productivo de cerdos con el uso de cinc.....	16
Características de la canal de cerdos con el uso de Cinc.....	16
HIPÓTESIS.	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Ubicación	17
Galpones experimentales:.....	18
Animales y manejo	18
Etapa pre ensayo	18
Tratamientos:	18

VARIABLES EVALUADAS	19
1.- Ganancia diaria promedio de peso (GDP):.....	19
2.- Consumo diario de alimento (CDA):.....	19
3.- Conversión de alimento (COA):.....	19
4.- Espesor de grasa dorsal (EGD) y área del músculo Longissimus dorsi (AMLD):	20
5.- Química sanguínea.	20
6.- Características cuantitativas de las canales.	21
7.- Determinación de los costos de alimentación, para producir un kilogramo de carne de cerdo	22
Análisis Estadísticos.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
1.- Ganancia diaria promedio de peso (GDP):	23
2.- Consumo diario de alimento (CDA).....	23
3.- Conversión de alimento (COA)	24
4.- Espesor de grasa dorsal y área del músculo <i>longissimus dorsi</i>	25
5.- Química sanguínea.....	26
6.- Características cuantitativas de las canales.....	27
7.- Evaluación de los costos de alimentación para producir un kilogramo de cerdo.....	28
Conclusión.....	30

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Dietas para cerdos en la etapa de desarrollo de 30 a 70 kg de peso vivo.....	19
2	Composición de las dietas para cerdos en la etapa de finalización entre 70 y 120 kg de peso.....	20
3	Análisis químico de dietas para cerdos en la etapa de finalización entre 70 y 120 kg de peso.....	21
4	Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre el desempeño productivo de cerdos en etapa de finalización.....	25
5	Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre el espesor de grasa dorsal y área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos en etapa de finalización.....	26
6	Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre la química sanguínea de cerdos en etapa de finalización.....	27
7	Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico en el peso de los cortes de la canal de cerdos en la fase de finalización.....	28
8	Eficiencia económica sobre los costos de alimentación con el uso de ractopamina, cromo orgánico y Zn orgánico en cerdos en la fase de finalización.....	29

Resumen

Para evaluar el desempeño productivo y las características de la canal de cerdos alimentados con ractopamina, cromo y cinc orgánico, se realizó en el laboratorio Sección de Porcinos del Instituto de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, un ensayo con 90 cerdos machos inmunocastrados, de cruce de las razas Yorkshire x Landrace, con un peso promedio de $72,2 \text{ kg} \pm 1,2 \text{ kg}$ y con 18 semanas de edad, bajo un diseño de bloques al azar, con nueve tratamientos y cinco repeticiones cada uno, los tratamientos esta compuestos por 3 niveles de ractopamina (0, 5 y 10 ppm) en combinación con dos niveles de cromo (0 y 400 ppm) y zinc (0 y 50 ppm). Se evaluó la ganancia diaria promedio de peso (GDP), consumo diario de alimento, (CDA) conversión de alimento (COA), espesor de grasa dorsal (EGD) y área del músculo Longissimus dorsi (AMLD), las características cuantitativas de las canales, química sanguínea y costos de alimentación, para producir un kilogramo de carne de cerdo. Se observó una disminución del espesor de grasa dorsal con 5 ppm de ractopamina y 400 ppm de cromo ($p < 0,038$). no se observaron efectos significativos sobre las variables productivas, las variables cuantitativas de las canales y la química sanguínea.

Palabras clave: minerales trazas, agonistas beta adrenérgicos, modificadores orgánicos

Abstract

Productive performance and characteristics of the pig carcass fed with ractopamine, chromium and organic zinc

ABSTRACT

To evaluate the productive performance and the characteristics of the pigs fed with ractopamine, chromium and zinc, an assay was carried out in the Porcine Section Laboratory of the Animal Production Institute of the Faculty of Agronomy of the Central University of Venezuela, with 90 pigs male immunocastrated, crossover Yorkshire x Landrace breeds, with an average weight of $72.2 \text{ kg} \pm 1.2 \text{ kg}$ and 18 weeks of age, under a randomized block design, with nine treatments and five repetitions each, The treatments are composed of 3 levels of ractopamine (0, 5 and 10 ppm) in combination with two levels of chromium (0 and 400 ppm) and zinc (0 and 50 ppm). The daily gain in weight, daily food consumption, feed conversion (COA), dorsal fat thickness (EGD) and area of the Longissimus dorsi muscle (AMLD), the quantitative characteristics of the carcasses, blood chemistry and feeding costs were evaluated. to produce a kilogram of pork. A decrease in dorsal fat thickness was observed with 5 ppm of ractopamine and 400 ppm of chromium ($p < 0,038$). No significant effects were observed on the productive variables, the quantitative variables of the channels and the blood chemistry.

Keywords: trace minerals, beta-adrenergic agonists, organic modifiers

INTRODUCCIÓN

El cerdo provee la proteína de origen animal que más se consume en el mundo, con aumento constante cada año, y demanda de productos derivados de mejor calidad, mayor porcentaje de tejido magro y más sanos (Almeida *et al.*, 2012). Esto ha conllevado a mejorar los sistemas de producción con cerdos, en especial los parámetros productivos, con énfasis en el manejo, nutrición, sanidad y genética.

Se ha planteado la necesidad del sector de producción animal en aumentar la productividad, con gestiones que van desde el perfeccionamiento de las formas de producción empleadas, hasta la introducción de nuevas técnicas y procedimientos, que incluyen el uso de aditivos en la dieta; de allí, algunas prácticas han permitido mejorar el crecimiento del animal y conversión de alimento, dando como resultados cerdos con mejor deposición de proteína (Domínguez *et al.*, 2009). No obstante, el acúmulo excesivo de grasa en la canal porcina genera pérdidas de eficiencia, que han motivado la realización de estudios orientados a reducir el nivel de grasa y aumentar la deposición de proteína. En tal sentido, existe interés en el uso de compuestos que modifican el crecimiento de los animales y la composición de la canal, entre estos la somatotropina, los agonistas beta adrenérgicos (clenbuterol, salbutamol, clorhidrato de zilpaterol, cimaterol y fenoterol, ractopamina) minerales trazas (cromo y cinc) conjuntamente con la metionina (en la forma de nicotinato, propionato, tripicolinato o levadura), entre otros, (Pechova y Pavlata, 2007; Sales y Jancík, 2011; Domínguez *et al.*, 2009; Patience y Chipman, 2011).

Los agonistas beta adrenérgicos actúan sobre el tejido adiposo aumentando la degradación de los lípidos; la activación de los receptores β , causa un aumento en el AMPc, que activa a la enzima proteína kinasa A, la cual, a su vez, fosforila a la hormona sensible a la lipasa (Domínguez *et al.*, 2009, Kutzler *et al.*, 2011; Watanabe *et al.*, 2011; Agostini *et al.*, 2011; Hinson *et al.*, 2011).

Entre los compuestos beta adrenérgicos, la ractopamina ha obtenido la aprobación regulatoria como aditivo para alimentos en la producción porcina en más de 20 países, entre ellos Estados Unidos, Canadá y Brasil. Sin embargo, se ha prohibido su uso en la Unión Europea y China, debido a varias denuncias de casos de intoxicación por alimentos (Almeida *et al.*, 2012), encontrando residuos de ractopamina en cerdos que fueron alimentados con 20 ppm de ractopamina durante 14 días consecutivos en órganos como pulmón y riñón (Huang *et al.*, 2016).

Debido a esto la orientación del mercado hace que países como Brasil suspenda el uso agonistas Beta adrenérgicos para poder acceder a los grandes mercados importadores, como la Unión Europea y China (Florindo, *et al.* 2015).

En este sentido, y en búsqueda de un producto natural, sin residuos en el producto final, existen otros modificadores del metabolismo que actúan sobre el tejido muscular y adiposo, El Cr, incrementa la acción de la insulina a través de su presencia en una molécula organometálica (Aguilar, 2006), llamada cromodulina, que tiene la capacidad de potenciar los efectos de la insulina sobre la conversión de la glucosa o lípidos en dióxido de carbono, la cual está conformada por una molécula de Cr unida a cuatro residuos de aminoácidos (glicina, cisteína, glutamato y aspartato) (Vicent, 2000; Gómez y Magaña, 2004).

La importancia del Cr radica en la utilización de la glucosa y su impacto consecuente sobre la utilización de los azúcares de la dieta, sobre todo en los animales de rápido crecimiento o aquellos que se encuentran bajo un severo estrés fisiológico y físico, donde se incrementa la excreción del Cr en la orina del cerdo (García *et al.*, 2006). Son diversos los beneficios asociados con el uso de Cr entre los que se pueden destacar: disminución del espesor de grasa dorsal, aumento del porcentaje de tejido magro, aumento del área del músculo *longissimus dorsi*, mejora en la actividad reproductiva, disminución de problemas de contaminación y mejora en el sistema inmunológico (Sales and Jancik, 2011).

Así mismo, el Zn, con funciones similares al Cr, es un oligoelemento esencial con diversas cualidades, entre las que se destacan: cofactor enzimático en diversas reacciones metabólicas, formando parte integral de alrededor de 20 metaloenzimas tales como; la fosfatasa alcalina, la alcohol deshidrogenasa y la anhidrasa carbónica, interviene en la síntesis de proteínas, contribuye a un buen funcionamiento de los órganos reproductivos, se asocia con el metabolismo de la prostaglandina y actúa directamente en el metabolismo de la insulina, entre otras funciones (Gómez y Magaña, 2004). existen diversos autores que señalan la adición de Zn en dietas para cerdos en la etapa de finalización en la búsqueda mayor deposición de proteínas y de cerdos más magros (Burnett *et al.*, 2016; Paulk *et al.*, 2014; Paulk *et al.*, 2015).

Estos aditivos, representan una alternativa para ofrecer al consumidor canales magras y un producto saludable. El uso de agonistas beta adrenérgicos, como la ractopamina, son una alternativa para lograrlo, no obstante, este aditivo puede tener efectos residuales en el producto final, por lo que el uso de alternativas que permitan controlar el exceso de grasa en los cerdos sin

consecuencias para el humano, son soluciones a las exigencias del animal y el consumidor.

REVISIÓN DE LITERATURA

Ractopamina: Generalidades, usos y forma de acción

La ractopamina es una fenetanolamina, o agonista beta adrenérgico, (Agostini *et al.*, 2011), los cuales son agentes químicos que actúan sobre los receptores adrenérgicos permitiendo mayor utilización de la energía para la síntesis proteica muscular. Estos receptores son proteínas que están conformadas por 450 a 600 aminoácidos y tienen un peso molecular de 40 a 50 KDa. En la actualidad se conocen tres subtipos de receptores beta adrenérgicos (β_1 , β_2 y β_3). En la mayor parte de las células de los mamíferos se han encontrado receptores β -adrenérgicos, sin embargo, su distribución y proporción varían de un tejido a otro en cada especie animal (Domínguez *et al.*, 2009).

El efecto producido por los agonista beta adrenérgico fue reconocido en 1960, tras comprobar que la aplicación subcutánea de 0,5 mg/día de adrenalina se transforma un cerdo gordo en magro en dos semanas, no obstante, es a partir de los años 1980 que se utilizaron análogos sintéticos con fines zootécnicos, siendo el clenbuterol, el primer compuesto en incorporarse en dietas para animales, sin embargo hoy día se usa ractopamina (Errecalde, 2003) cuyo uso fue aprobado por la FDA el 22 de diciembre de 1999.

Los agonistas beta adrenérgicos al estimular los receptores desencadenan procesos bioquímicos relacionados con el adenosin monofosfato cíclico (AMP cíclico), acción que determina un aumento del diámetro de las fibras musculares, generando una hipertrofia muscular que conduce a una mayor deposición de proteína y mejoras en la características de la canal (Agostini *et al.*, 2011). Los receptores β están presentes en casi todos los tipos de células por lo que logran controlar varias funciones fisiológicas y metabólicas, tales como la regulación de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, la tensión del músculo bronquial, contracción uterina, la degradación de glucógeno y lípidos, entre otras (Mersmann, 2002).

Por otra parte, la sensibilidad de los receptores β se pierde aproximadamente a los 42 días continuos de estímulos, por lo que el consumo en cerdos se recomienda estrictamente para los últimos 35 días del periodo de finalización (Acosta, 2006). Estos receptores se encuentran ubicados en corazón,

musculatura lisa vascular, bronquial y uterina, por ende, los efectos causados en humanos por residuos de medicamentos en los tejidos de los animales tratados incluyen taquicardia, cefalea, mialgias y temblores (Sumano *et al.*, 2002).

Mecanismos de acción de los agonistas beta adrenérgicos en el metabolismo

a.- Tejido adiposo: Al activarse los receptores β , se produce un aumento en el AMPc, el cual conduce a la activación de la enzima proteína quinasa A, la cual a su vez conduce a la adición de un grupo fosfato a la hormona sensible a la lipasa, la lipasa fosforilada es la forma activa que inicia el proceso metabólico mediante el cual los lípidos del organismo son transformados para producir ácidos grasos y glicerol o lipólisis (Mersmann, 2002; Agostini *et al.*, 2011).

Los agonistas beta adrenérgicos inhiben la síntesis y esterificación de los ácidos grasos, originando catabolismo del triacilglicerol en los adipocitos, que ocasiona que los ácidos grasos sean liberados y exportados para ser usados como fuentes oxidativas para otros tejidos, resultando en disminución del tejido adiposo e hipertrofia reducida del adipocito, que origina disminución de la masa de tejido adiposo y en consecuencia mejoran las características de la canal; la hipertrofia del adipocito viene dada por la disminución de procesos metabólicos, tales como; la síntesis y esterificación de ácidos grasos, con la consiguiente disminución de la deposición de grasa (Mersmann; 2002).

b.- Tejido muscular: En el tejido muscular, los agonistas beta adrenérgicos ocasionan un flujo lento y constante de sangre hacia el músculo, lo que genera mayor disponibilidad de energía y aminoácidos, en consecuencia, aumenta la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular (Domínguez *et al.*, 2009).

En el músculo se originan cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina, además ocurren cambios en el tipo de fibra muscular, los músculos que se ven más afectados son principalmente los del cuarto trasero del animal, así como, el *longissimus dorsi*, sin embargo, la magnitud de la respuesta varía dependiendo de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y tipo de dieta, entre otros (Mersmann, 1998).

Desempeño productivo de cerdos con el uso de ractopamina

Son diversos los autores que describen los efectos de la ractopamina sobre el comportamiento productivo de cerdos en la etapa de finalización. Sobre este aspecto, See *et al.* (2004) al comparar con un testigo encontraron diferencias, sobre la ganancia media diaria (0,93 vs. 1 kg) y conversión de alimento (3,2 vs. 2,75) de cerdos que fueron alimentados sin y con ractopamina respectivamente, durante 42 días, sin embargo, el peso final no se vio afectado, y no encontraron diferencias entre 5, 10 y 20 ppm de ractopamina. Estos resultados son opuestos a los de Corassa *et al.* (2010) quienes no encontraron diferencias para peso corporal de los cerdos y el consumo diario cuando evaluaron la incorporación de dos niveles de ractopamina (5 y 10 ppm) durante 21 días, sin embargo, sí hubo diferencias para la ganancia diaria promedio.

Así mismo, en un estudio realizado por Agostini *et al.* (2011) encontraron diferencias, con diferentes niveles de inclusión de ractopamina (0, 10, 20 ppm) durante 21 días, reportando un aumento lineal de la ganancia diaria de peso (1,02; 1,04 y 1,07 g/d) y la conversión de alimento (2,72; 2,66 y 2,41); pero no encontraron diferencias para consumo de alimento; sin embargo, al comparar ambos sexos, los machos consumieron más alimento (2,90 vs. 2,63 kg/d), sin afectar la conversión de alimento.

En otro estudio reportado por Hinson *et al.* (2011) reportaron un aumento, en el peso vivo final (21,32 vs 25,42 kg), ganancia diaria de peso (1,01 vs 1,21 g/d) y una disminución en el consumo medio diario (3,29 vs 3,07), cuando evaluaron la incorporación de ractopamina (0 y 7,4 ppm) en comparación con una dieta control durante 21 días de evaluación.

Características de la canal en cerdos con el uso de ractopamina

See *et al.* (2004) observaron una disminución del espesor de grasa dorsal, (17,8 vs 15 mm) cuando evaluaron el uso de ractopamina (0 vs. 5, 10 y 20 ppm) independientemente del nivel, sin embargo, Agostini *et al.* (2011) y Hinson *et al.* (2011), no encontraron diferencia sobre esta variable con de 0, 10, 20 y 7,4 ppm, respectivamente.

El uso de la ractopamina en dietas para cerdos aumenta el área del músculo *longissimus dorsi* (Acosta, 2006; Almeida *et al.*, 2010; Hinson *et al.*, (2011), sin embargo, Sánchez *et al.* (2010) no encontró diferencia sobre el Rendimiento de la canal, profundidad y área del *longissimus dorsi* con el uso de 0, 5, 10 o 20 ppm de ractopamina.

Uso de otros aditivos para mejorar desempeño productivo y características de la canal en cerdos

1.- Cromo

El cromo se ha estudiado desde 1970 en los animales de laboratorio y es sólo a partir de la década del 90 cuando se ha estudiado como un elemento esencial en del metabolismo de los carbohidratos, lípidos y de las proteínas en animales de granja (Pechova y Pavlata, 2007). Respecto al metabolismo de cromo, Gómez y Magaña (2004) sostienen que éste se absorbe en el intestino delgado, pero donde ocurre mayor absorción es en el yeyuno; el mecanismo de absorción no se conoce con precisión, se cree que es por difusión o por una proteína transportadora. Algunas sustancias como la metionina, histidina y la vitamina C, favorecen la absorción a través del tracto gastrointestinal, luego de lo cual el Cr en forma de ion libre es transportado por la transferrina a lo largo de la pared celular y fortalecer los receptores de la insulina de los tejidos (Domínguez y Torres, 2007).

Para la elaboración de alimento de las especies de interés zootécnico se utiliza una amplia gama de ingredientes que contienen Cr. Sales y Jancík (2011) señalan que entre los más usados se encuentran los complejos de cloruro, Cr Metionina, Cr nanocompuesto, nicotinato, propionato, tripicolinato, y levadura de Cr. Es decir, el Cr puede estar presente en las dietas en forma de compuestos inorgánicos o complejos orgánicos. Vicent (2000) y Pechova y Pavlata (2007), afirman que la biodisponibilidad de Cr inorgánico es menor al 3%, mientras que Cr orgánico está alrededor del 30%. Entre las causas de la baja biodisponibilidad se destacan la interferencia con las formas de iones de otros minerales (Zn y Fe), formación de óxidos no soluble de Cr, lenta conversión de Cr inorgánico para la forma bioactiva, presencia de fitatos, bajo nivel de niacina, etc.

Se conoce que el Cr se almacena en altas cantidades en algunos órganos (riñón, hígado, músculo, bazo, corazón, páncreas) y en el hueso, por otra parte, se excreta principalmente en la orina producto de la filtración glomerular en el riñón y en menor proporción en la transpiración, heces y la leche (Gómez y Magaña, 2004).

Metabolismo del Cromo

En la década de los 80 se aisló y caracterizó un oligopéptido que une al Cr; lo denominaron “sustancia que une al Cr de bajo peso molecular” (LMWCr, por sus siglas en inglés) y actualmente se denomina cromodulina, es un oligopéptido que posee un peso molecular aproximado de 1500 Da y está constituido por cuatro tipos de aminoácidos: glicina, cisteína, glutamato, aspartato y enlaza a cuatro iones de Cr (Vicent, 2000). La liberación de la cromodulina es similar a la secreción hormonal ya que se libera en la circulación sanguínea en respuesta a un estímulo que puede ser la hiperglucemia (Gómez y Magaña, 2004; Pechova y Pavlata 2007).

El transporte de los iones de Cr ocurre mediante la proteína transferrina como respuesta a incrementos en las concentraciones de insulina plasmática. La acción primaria del Cr como complejo cromo-cromodulina es mediante un sistema de autoamplificación de la señal de la insulina por la activación de la región tirosina-cinasa en la subunidad beta del receptor de insulina, el cual facilita la entrada de glucosa de la sangre a las células musculares; este intercambio celular incrementa la absorción de aminoácidos por el músculo lo cual promueve el ensamble de proteínas a través de la síntesis de ARN y ADN, en el metabolismo de los lípidos, el Cr impulsa la actividad de la lipoproteína lipasa, la cual se localiza en los capilares sanguíneos, hidroliza al tejido adiposo y permite la captación de los ácidos grasos libres (Gómez y Magaña, 2004).

El mecanismo de acción propuesto por Vincent (2000) para la activación de la región tirosina-cinasa en el receptor de insulina como respuesta a la insulina, comienza con la unión de la insulina a su receptor que permite la entrada del Cr existente en la sangre a las células dependientes de insulina; dentro de la célula, el Cr se une a la apocromodulina (forma inactiva de la cromodulina porque no tiene iones Cr) y se convierte en cromodulina, la cual se une al receptor de insulina y activa la cascada de las cinasas.

Desempeño productivo de cerdos con el uso de cromo

El desempeño productivo de cerdos con el uso de Cr ha originado resultados diversos. Por una parte, Shelton *et al.* (2003) no encontraron diferencias sobre el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso y la conversión de alimento, cuando evaluaron propionato de Cr (50, 100, 200 ppb) en cerdas mestizas y machos castrados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Matthews *et al.* (2005) y Jackson *et al.* (2009) quienes no encontraron diferencia sobre el comportamiento productivo al evaluar el uso de 200 ppb de propionato de Cr en hembras mestizas.

Por otra parte, Li *et al.* (2013) con el uso de Cr metionina (0, 300 y 600 ppm) observaron mejoras en el consumo de alimento (3,002; 3,177 y 3,613 kg, respectivamente), ganancia diaria de peso (855; 890 y 992 g/d, respectivamente) y la conversión de alimento (3,51; 3,57 y 3,64, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los de Aguilar (2006) quien evaluó el uso de 400 ppb de Cr metionina en machos y hembras, mientras que Zhang *et al.* (2011) demostraron que 200 ppb de picolinato de Cr mejoró la ganancia diaria de peso de cerdos en engorde sin afectar el consumo y la conversión de alimento. Opuestos son los resultados de Almeida *et al.* (2010) quienes no encontraron diferencias en la suplementación con 400 ppm cromo-metionina sobre el consumo de alimento.

Características de la canal con el uso de cromo

Son variables los resultados respecto a los efectos del Cr sobre las características de la canal. Shelton *et al.* (2003) no detectaron efecto sobre la grasa dorsal, longitud de la canal, rendimiento de la canal y ganancia magra, sin embargo, estos resultados difieren con los publicados por Matthews *et al.* (2005) quienes observaron un aumento de la longitud de canal al evaluar el uso de 200 ppb de propionato de Cr, sin efectos sobre otras características de la canal, mientras que Jackson *et al.* (2009) observaron una disminución del espesor de grasa dorsal y aumento en el rendimiento de tejido magro con el uso de 200 ppb de propionato de Cr.

Li *et al.* (2013), encontraron un incremento en el área del músculo *longissimus dorsi* de cerdos alimentados con dietas suplementadas con Cr, mientras que el espesor de grasa dorsal disminuyó. Otros estudios no han evidenciado diferencias en las características de la canal con el uso de 400 ppb de Cr metionina (Aguilar, 2006; Almeida *et al.*, 2010). Sales y Jancík (2011),

detectaron que se redujo el espesor de grasa dorsal mientras que el porcentaje de magro en la canal y el área del músculo *longissimus dorsi* aumentaron con el uso de tripicolinato de Cr. Así mismo, Zhang *et al.* (2011) encontraron que con el uso de 200 ppb de picolinato de Cr, aumentaron el área del músculo *longissimus dorsi* sin afectar las demás características de la canal.

Kwun *et al.* (1996) señalaron que no hubo diferencias en la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión de alimento cuando usaron 200, 400 o 800 ppb de biocromo®, no obstante, redujo significativamente el espesor de grasa dorsal, y se observaron efectos nocivos con 800 ppb, siendo 200 ppb, la dosis de mejor margen económico. Lemme *et al.* (1999) encontraron una mejor ganancia de peso y una menor conversión con 200 ppb.

Por otra parte, Borbolla (1998) no encontró diferencias entre el consumo de machos y hembras, sin embargo, en las hembras se disminuyó el espesor de grasa dorsal y aumentó el rendimiento de la canal cuando consumieron biocromo®. Estos resultados reafirman los hallazgos de Scharlach y Kleyn (1997) quienes observaron menor grasa dorsal y mayor área del músculo *longissimus dorsi*, con un efecto superior sobre machos castrados.

2.- Cinc (Zn)

El Zn es un mineral conocido por ser un micronutriente esencial tanto en plantas y animales. García *et al.* (2004) señalaron que el Zn participa como cofactor enzimático, en la estructura en las membranas celulares, crecimiento y diferenciación celular, en el sistema inmunológico, en factores de transcripción y proteínas implicadas en la replicación del ADN e inhibe la apoptosis, además de guardar una estrecha relación con la síntesis, almacenamiento y secreción de insulina, estimula el transporte de la glucosa, forma complejos tetraédricos con compuestos nitrogenados ricos en electrones, como aminoácidos, péptidos y proteínas.

Wedekind *et al.* (1994) establecen diferencias en cuanto a biodisponibilidad de las diversas fuentes de Zn entre orgánicas (complejos o quelatos) y fuentes inorgánicas, corroborando estas diferencias en estudios con aves. Existen diferentes fuentes que proporcionan Zn, aunque tradicionalmente se usa como fuente patrón el sulfato de Zn; el óxido es más rico en Zn y es más manejable que

el sulfato, pero su disponibilidad es inferior; y como fuentes de mayor disponibilidad se encuentran lactato de Zn, acetato de Zn, quelato de Zn de glicina hidratado, quelato de Zn de aminoácidos hidratado y quelato de Zn de hidroxianálogo de metionina (FEDNA, 2013).

Desempeño productivo de cerdos con el uso de cinc

Los efectos del uso de Zn-metionina en la dieta sobre el desempeño productivo de cerdos no se han evidenciado (Wedekind *et al.*, 1994; Paulk *et al.*, 2012), aunque el consumo de alimento puede disminuir con el uso de 50 ppm de óxido de Zn y 10 ppm de ractopamina en cerdos en la etapa de finalización (Paulk *et al.*, 2013).

En los últimos años se ha utilizado ractopamina y Zn en cerdos en finalización, sin embargo, las respuestas son inconsistentes. Fry *et al.* (2013) sugieren que el uso de Zn puede mejorar la respuesta de la ractopamina; Frank *et al.* (2009) detectaron una ganancia diaria de peso superior en cerdos que consumieron dietas con ractopamina+Zn en comparación con solo ractopamina o solo Zn. Resultados similares a los de Patience y Chipman (2011). Así como también Patience (2011) observó mejoras en el consumo de alimento cuando las dietas contenían ractopamina y Zn, mientras que otros autores no han observado ningún efecto (Patience *et al.*, 2013; Coble *et al.*, 2013; Feldpausch *et al.*, 2015). Rambo (2013) obtuvo una ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia superior en cerdos alimentados con Zn orgánico (50 ppm) en comparación con ZnO, sin embargo, al combinar con ractopamina no obtuvo efectos.

Características de la canal de cerdos con el uso de Cinc

La adición de Zn a la dieta de cerdos no ha mostrado tener efecto sobre las características de la canal (Paulk *et al.*, 2012; Coble *et al.*, 2013; Paulk *et al.*, 2013; Feldpausch *et al.* 2015). No obstante, se ha observado un peso superior de la canal y profundidad del músculo *logissimus dorsi* en cerdos cuyas dietas contenían ractopamina y Zn orgánico en comparación con ractopamina y óxido de Zn (Patience y Chipman, 2011).

De los aspectos revisados en la literatura se evidencia que las investigaciones realizadas han conllevado a resultados que discrepan entre sí, en

tal sentido surge la necesidad de probar herramientas que permitan obtener mejor calidad de la carne de cerdo sin riesgos a la salud humana.

HIPÓTESIS.

Si el uso de minerales trazas orgánicos en cerdos permite obtener similares resultados de desempeño productivo y características de la canal a los obtenidos con ractopamina, se expone una alternativa más para lograr mejor desempeño y carne magra en cerdos a bajo costo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño productivo y características de la canal de cerdos alimentados con ractopamina, cromo y cinc orgánico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de la ractopamina, cromo y cinc orgánico en dietas para cerdos en fase de finalización sobre las siguientes variables:

- a) Desempeño productivo: ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y espesor de grasa dorsal
- b) Química sanguínea: urea plasmática, glucosa, creatinina, proteínas totales, colesterol total y sus fracciones y triacilglicerol.
- c) Características cuantitativas de las canales y de su rendimiento al corte.
- d) Costos de alimentación para producir un kilogramo de cerdo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: El ensayo se realizó en las instalaciones del Laboratorio Sección de Porcinos del Instituto de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO - UCV) ubicado en Maracay estado

Aragua. Estas instalaciones están ubicadas a 67° 35' 57" longitud oeste, 10, 16' 43" latitud norte, con temperatura media de 26,58 °C y pluviosidad promedio anual de 948 mm (INIA, 2016).

Galpones experimentales: Se utilizaron dos galpones experimentales. El primer galpón conformado por 27 corrales (tres réplicas/tratamiento) de 3,32 m² cada uno, con piso de concreto y separados por rejas y paredes. El segundo galpón conformado por 18 corrales (dos réplicas/tratamiento) 2,34 m² cada uno, el cual posee mitad con drenaje y mitad de piso de concreto sólido, separados por pared de concreto. Ambos con techo de aluminio. Cada corral equipado con comedero tubular semiautomático y bebedero tipo chupón para suministro de alimento y agua *ad libitum*.

Animales y manejo: Se utilizó un lote de 90 cerdos machos inmunocastrados de la línea genética PIC (Landrace × Yorkshire) con un peso inicial de 30 kg y 10 semanas de edad, provenientes de una granja comercial (Sitio 2), se identificaron individualmente y se distribuyeron al azar dos cerdos por cada corral, lo cual formó la unidad experimental. Se utilizaron dos cerdos por cada unidad experimental y 10 cerdos por tratamiento.

Etapas pre ensayo: Todos los cerdos fueron sometidos a una dieta única en la etapa de desarrollo de 28 a 55 kg de peso vivo y otra dieta para la etapa de 55 a 70 kg de peso vivo de acuerdo a las recomendaciones de Rostagno *et al.* (2011) (Cuadro 1) y luego se ajustó la dieta para cubrir las necesidades nutricionales de la etapa de engorde.

Tratamientos: Las dietas experimentales (Cuadro 2) fueron formuladas utilizando el programa Allix² de acuerdo a las recomendaciones de Rostagno *et al.* (2011) para cerdos enteros de alto potencial genético en la etapa de finalización con 0, 5, y 10 ppm de ractopamina. El arreglo de los tratamientos se expresa en el cuadro 2. Los aditivos en los respectivos tratamientos se suministraron a partir de la semana 16 de engorde para los tratamientos que contenían cromo (T2, T5, T8) y el T1 y los tratamientos con Zn y ractopamina (T3, T4, T6, T7, T9) a partir de la semana 18. Esta incorporación en diferentes fases se debe a recomendaciones de uso de los respectivos productos.

Todos los aditivos se adicionaron (*on top*) a las dietas y se prepararon en la planta de alimento de la Sección Laboratorio de Porcinos de la Facultad de Agronomía, en una mezcladora horizontal Marca Law ® con capacidad de 500 kg. Se usó Paylean®, biocrome®, Bioplex® Zn como fuente de clorhidrato de

ractopamina, Cr levadura y quelato de Zn, respectivamente. Los cerdos fueron inmunocastrados con Innosure® en la semana 14 y 18.

Cuadro 1: Dietas para cerdos en la etapa de desarrollo de 30 a 70 kg de peso vivo

Ingredientes	30-50 kg	50-70 kg
Harina de maíz amarillo	57,783	66,724
Harina de soya (46%)	27,507	23,870
Afrechillo de trigo	6,000	6,000
Carbonato de calcio (38%)	3,795	0,712
Aceite de soya	2,060	-
Tricalfos 18/20	1,191	1,030
L-Lisina 78%	0,440	0,440
DL-Metionina 99 %	0,167	0,167
L-Triptófano 98%	0,030	0,030
Sal	0,300	0,300
Premezcla de vitaminas ¹	0,250	0,250
Premezcla de minerales ²	0,100	0,100
Metionina DL 99 %	0,167	0,167
Secuestrante glucano pared de levadura ³	0,100	0,100
Manano proteínas ⁴	0,060	0,060
Proteasa ⁵	0,050	0,050

1 y 2: De acuerdo a los requerimientos de Rostagno,(2011). 3: Mycosorb®; 4.- Actigen®; 5.- Allzyme Vegpro®

VARIABLES EVALUADAS

1.- Ganancia diaria promedio de peso (GDP): se determinó a través de la diferencia entre el peso final y el peso inicial, entre el número de días transcurridos en ensayo. Para ello cada cerdo fue pesado utilizando una balanza electrónica marca *Tru-Test® (Speedrite)* Serie EC 2000 con capacidad para 1500 kg. ($\pm 0,1$ kg)

2.- Consumo diario de alimento (CDA): se determinó mediante la diferencia entre el peso del alimento suministrado y el peso del alimento rechazado, durante la fase experimental entre los días bajo evaluación, para lo cual se utilizó una balanza digital marca Premier ® (± 1 g).

3.- Conversión de alimento (COA): se consideró como la relación entre el CDA y la GDP.

Cuadro 2: Composición de las dietas para cerdos en la etapa de finalización entre 70 y 120 kg de peso.

Ingredientes (%)	0			5			10		
Harina de maíz amarillo	68,932			68,995			68,005		
Harina de soya 46%	18,888			18,54			18,475		
Afrechillo de trigo	8,288			8,396			8,416		
Aceite de soya	1,121			1,121			1,121		
Tricalfos 18/20	0,830			0,830			0,830		
Carbonato de calcio (38%)	0,817			0,818			0,819		
L-lisina 78%	0,433			0,606			0,639		
Sal	0,250			0,250			0,250		
Premezcla de vitaminas.	0,225			0,225			0,225		
Premezcla de Minerales	0,100			0,100			0,100		
DL-Metionina	0,116			0,119			0,12		
Ractopamina (ppm) ¹	0	0	0	5	5	5	10	10	10
Cr levadura (ppm) ²	0	400	0	0	400	0	0	400	0
Quelato de Zn (ppm) ³	0	0	50	0	0	50	0	0	50
Tratamientos.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9

1. Paylean®; 2. Biocrome®; 3. Bioplex® Zn; los valores están expresados en ppm

Cuadro 3: Análisis químico de dietas para cerdos en la etapa de finalización entre 70 y 120 kg de peso.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Proteína (%)	16.62	16.41	16.62	17.02	17.85	16.98	16.31	16.54	17.39

4.- Espesor de grasa dorsal (EGD) y área del músculo Longissimus dorsi (AML): se midió al final de la evaluación sobre la décima costilla de cada cerdo, a 6,5 cm de la línea media dorsal utilizando un equipo de ultrasonido (MINDRAY), Serie DP6600vet) acoplado a un transductor específico.

5.- Química sanguínea.

Para determinar las variables de química sanguínea se tomó al inicio y final de la evaluación, muestras de sangre a cuatro cerdos al azar por tratamiento (García *et al.* 2006) mediante punción de la vena yugular externa. Los cerdos se

inmovilizaron y se realizó la punción empleando agujas 21 G x 1½" y tubos Becton Dickinson al vacío de 5 ml. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UCV donde se separó el plasma por centrifugación a 1500 rpm por 10 minutos a 4 °C, y se procesaron bajo las respectivas metodologías con su respectivo kit comercial.

Las concentraciones de: urea (nitrógeno ureico), glucosa, creatinina, proteínas plasmáticas totales, colesterol total y triacilglicerol, se determinaron por métodos de colorimetría enzimática de acuerdo a la metodología propuesta por Chaney y Maybach (1962), Trinder, (1969) Slot, (1965). Gornall *et al.* (1949) Allain *et al.* (1974), Bucolo y Harold (1973) y Allain *et al.* (1974), respectivamente.

6.- Características cuantitativas de las canales.

Al concluir el período experimental, se seleccionaron cuatro cerdos al azar por cada tratamiento, según metodología de Matthews *et al.* (2005) y se sometieron a un período de ayuno durante 24 h, se sacrificaron en la sala de matanza del Frigorífico Industrial Turmero, C.A, estado Aragua, donde se realizó el aturdimiento, desangrado y eviscerado. Posteriormente, se pesó para obtener el peso de la canal caliente, con cabeza y patas. Las canales se almacenaron en una cava, a temperatura de 4 °C, durante 18-24 h, para obtener el peso en frío. Las canales frías se trasladaron a sala de desposte de la empresa Girinos C.A. ubicado en Turmero estado Aragua, en donde se procedió a realizar el desposte para las respectivas mediciones.

La longitud de la canal (cm) se midió colocando una cinta métrica para obtener la distancia entre el borde anterior del pubis y el borde anterior de la primera costilla en su punto de articulación con la primera vértebra torácica. El despiece de la canal se realizó al estilo venezolano o "criollo", descrito por Huerta-Leidenz *et al.* (1992), para obtener los cortes magros sin piel (paleta, pernil, chuleta) y los grasos (papada, tocineta, costillas y patitas). Estos cortes, conjuntamente con los recortes de cuero y grasa, se pesaron individualmente para calcular la expresión porcentual de su peso con relación al peso de la canal fría.

El espesor de grasa dorsal fue medido en tres posiciones con una regla métrica (¼, ½ y ¾ del largo del músculo). Se realizó un corte transversal entre el 10mo y 11vo espacio intercostal para medir sobre el músculo largo dorsal

expuesto, el área (cm²) del músculo *Longissimus dorsi* utilizando una plantilla cuadrículada, diseñada para este fin.

7.- Determinación de los costos de alimentación, para producir un kilogramo de carne de cerdo

Para determinar los costos de alimentación se utilizaron los criterios de Bellaver *et al.* (1985), que consideran el costo requerido para producir un kg de carne de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$Y_i = \frac{Q_i \times P_i}{G_i}$$

Dónde:

Y_i= costo de la dieta por kg ganado en el i-ésimo tratamiento.

Q_i= cantidad total de la dieta consumida en el i-ésimo tratamiento.

P_i= precio por kg de dieta utilizada en el i-ésimo tratamiento.

G_i= ganancia promedio de peso en el i-ésimo tratamiento.

Análisis Estadísticos.

Las variables se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico statistix 8.0. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques al azar, con nueve tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Los bloques estuvieron representados por cada galpón experimental. Las variables donde se encontró diferencias fueron analizadas a través de las pruebas de rango múltiples de Tukey con probabilidad del 95% (Steel y Torrie, 1980).

Los datos se analizaron utilizando el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \rho_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

y_{ijkl}: Observación del j-ésimo, del i-ésimo tratamiento.

μ: Media general.

B_i: efecto del bloque.

α_j: efecto del i-ésimo tratamiento.

ρ_k: efecto de k-ésimo tratamiento.

ε_{ijkl}: error experimental del j-ésimo observación, del i-ésimo tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del desempeño productivo a través de la medición de la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia se presentan en el Cuadro 4.

1.- Ganancia diaria promedio de peso (GDP):

Para la GDP no se encontraron diferencias entre los tratamientos, siendo el menor valor de 1,164 kg (50 ppm Zn) y más altos de 1,271 Kg (10 ppm Rac). Estos resultados coinciden con los reportados por Feldpausch *et al.* (2015) quienes no encontraron diferencias sobre la GDP con la adición de 150 ppm Zn y 10 ppm de ractopamina solo o combinados en la dieta con cerdos PIC. Por otra parte, no encontraron diferencias con la adición de 50 ppm de Zn y 200 ppm de Biocrome® sobre esta variable (Coble *et al.*, 2013 y Kuwn *et al.*, 1996).

Se ha observado (See *et al.*, 2004) que la ganancia diaria promedio de cerdos alimentados con 5 y 10 ppm de ractopamina supera al grupo control en 7,5%. Otros estudios muestran una respuesta similar en la ganancia diaria de peso con el uso de 10 ppm de ractopamina y ZnO (Coble *et al.*, 2013; Paulk *et al.*, 2015) y también con 200 ppb de cromo (Peres *et al.*, 2014) en dietas para cerdos.

El efecto de la ractopamina sobre la ganancia de peso esta atribuida al efecto sobre el tejido adiposo y una mayor redistribución de nutrientes que permite tener una mayor deposición de proteína, el tejido muscular requiere menos energía en comparación con el tejido adiposo, así como también este aumento de la ganancia de peso está asociado a una mayor deposición de proteínas que lleva un 35% de agua agregado, lo que justifica el aumento de la ganancia diaria de peso (Almeida *et al.*, 2012; Hinson *et al.*, 2011).

2.- Consumo diario de alimento (CDA)

Para la variable CDA no se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados, observando promedios entre 3,161 kg (50 ppm Zn) y 3,585 kg (10 ppm Rac). Se asume que la incorporación de ractopamina sola o en combinación con

minerales trazas (Cr y Zn) no afecta el CDA, debido básicamente a que estos aditivos actúan principalmente sobre tejido muscular y adiposo, tal como lo señalan Corassa *et al.* (2010), Sanchez *et al.* (2010), Agostini *et al.* (2011), Peres *et al.* (2014) y Paulk *et al.* (2014) quienes no encontraron diferencias sobre esta variable.

Cuadro 4: Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre el desempeño productivo de cerdos en etapa de finalización.

Variable	0 ppm			5 ppm			10 ppm			CV
	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	
PI (kg)	71,218	71,952	72,592	71,022	73,762	72,352	75,012	70,932	71,472	5,02
PF (kg)	122,39	123,41	120,31	121,66	125,46	122,96	127,16	118,66	122,71	4,22
GTP (kg)	51,170	51,460	47,720	50,640	51,700	50,610	52,150	47,730	51,240	7,04
GDP (kg)	1,248	1,255	1,164	1,235	1,261	1,234	1,272	1,164	1,250	7,04
CDA (kg/d)	3,194	3,411	3,161	3,409	3,307	3,220	3,585	3,303	3,269	6,95
COA	2,559	2,725	2,728	2,770	2,622	2,609	2,826	2,849	2,617	7,67

PI: peso inicial; PF: peso final; GDP: Ganancia diaria promedio de peso, GTP: Ganancia total promedio; CDA: Consumo diario de alimento; COA: Conversión de alimento

Algunos estudios indican un incremento del CDA como respuesta a la suplementación con ractopamina, atribuido a una mayor demanda de requerimientos o necesidad de nutrientes para una mayor síntesis de proteína (Almeida *et al.*, 2012). En este mismo orden, Puls *et al.* (2015) encontraron bajo condiciones de ambiente controlado (18,5°C) que los cerdos (genetiporc) que consumían 10 ppm de ractopamina consumieron más alimento (0,13 kg/d) que los cerdos control. Por el contrario, se ha observado que con la incorporación de 7,4 ppm de ractopamina ocurre disminución en el CDA en 6,68% (Hinson *et al.*, 2011).

3.- Conversión de alimento (COA)

No se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados para COA, con promedios que oscilan entre 2,559 kg/kg (control) y 2,849 kg/kg (10 ppm Rac+400 Cr); los cuales coinciden con Coble *et al.* (2013) quienes al evaluar cerdos PIC no encontraron diferencias con la adición de Zn a las dietas.

Sin embargo, se han observado discrepancias sobre estos resultados al comparar cerdos que fueron alimentados sin y con ractopamina (5 y 10 ppm)

observando COA de 3,2 vs. 2,75 y 3,15 vs 2,68 y 2,73 (See *et al.*, 2004, Pospissil *et al.*, 2013) respectivamente, así como también al evaluar la inclusión de ractopamina (0, 10 ppm) encontraron diferencias con sobre la COA (2,72 y 2,66) (Agostini *et al.*, 2011). Así como también al evaluar el uso 200 ppb de cromo en comparación con una dieta sin cromo, Peres *et al.* (2014) encontraron diferencias (2,61 vs. 2,80), y al comparar una dieta control con una con ractopamina y Zn más ractopamina Coble *et al.* (2013) encontraron diferencias (3,48 vs 2,76 y 2,74; respectivamente).

Los resultados inconsistentes con el uso de ractopamina mas cinc en dietas para cerdos en la etapa de finalización pueden ser atribuidos a los niveles de estrés presentes en esta fase, relacionados con inflamación intestinal que impide una menor absorción de nutrientes (Paulk *et al.*, 2015).

Las variables de desempeño productivo son generalmente las menos influenciadas dentro de los parámetros que se evalúan al incluir agonistas beta adrenérgicos y minerales trazas (Cr y Zn) en la dieta de los cerdos, no obstante, existen algunos indicios comprobados de que su uso conlleva a una mejora de estas características (Coble *et al.*, 2013; Peres *et al.*, 2014; Puls *et al.*, 2015; Paulk *et al.*, 2015). Sin embargo, bajo las condiciones de esta evaluación no se evidencian cambios con el uso de estos aditivos.

4.- Espesor de grasa dorsal y área del músculo *longissimus dorsi*

Los resultados de EGD y AMLD se encuentran en el Cuadro 5, donde se puede apreciar que no se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados para el AMLD. No obstante, para el EGD se encontraron diferencias ($P < 0,05$) con la combinación de 5 ppm de ractopamina y 400 ppm de cromo (6,24 mm) en comparación con el tratamiento control (7,95 mm).

Los resultados observados para el EGD concuerdan con Cantarelli *et al.* (2009), quienes evidenciaron una disminución con el uso de 5 ppm de ractopamina, encontrado una baja del 22,6 % con respecto al tratamiento control. Así como también al evaluar 10 ppm de ractopamina Feldpausch *et al.* (2015), Marchant *et al.* (2003) y Amaral *et al.* (2009) observaron una disminución que oscila entre 7,7% y 17,62 % con respecto al tratamiento control; así como también Jackson (2009) observó reducción sobre esta variable con el uso de 200 ppb cromo.

Estos resultados de EGD con el uso de 5 y 10 ppm de ractopamina discrepan a los observados por Sánchez *et al.*, (2010) y Puls *et al.*, (2015), quienes no encontraron una variación en el EGD; y con el uso de cromo y Zn (Acosta, 2006 y Peres *et al.*, 2014; Coble *et al.*, 2013 y Feldpausch *et al.*, 2015) no encontraron diferencias sobre esta variable.

Esta disminución del espesor de grasa dorsal se debe al mecanismo de acción de la ractopamina y el cromo, los cuales actúan reduciendo la síntesis y esterificación de ácidos grasos, con la consiguiente hipertrofia del adipocito dando como resultado mejoras las características de la canal (Mersmann, 2002; Agostini *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos para AMLD coinciden con los encontrados por Sanchez *et al.* (2010) quienes no encontraron diferencias al evaluar 5 ppm de ractopamina; igualmente no encontraron diferencias con el uso de cromo (Peres *et al.* (2014) y con el uso de Zn (Coble *et al.*, 2013 y Feldpausch *et al.*, 2015). Sin embargo, estos valores obtenidos de AMLD discrepan de Acosta (2006) quien encontró un aumento del 5,85 % en cerdos (Serghers Genetic) con el uso de 400 ppm de cromo. Esta misma tendencia la encontraron Marchant *et al.* (2003) y Amaral *et al.* (2009) pues al usar 10 ppm de ractopamina encontraron un aumento de esta variable en un 6,19 y 21,49%, respectivamente.

Cuadro 5: Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre el espesor de grasa dorsal y área del músculo *Longissimus dorsi* de cerdos en etapa de finalización.

Variable	0 ppm			5 ppm			10 ppm			CV
	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	
EGD	7,95 b	6,69ab	6,48ab	7,00ab	6,24a	6,76ab	7,25ab	7,08ab	6,78ab	15,39
AMLD	46,09	48,77	45,07	51,05	52,68	49,00	50,35	46,73	46,07	17,86

EGD: espesor de grasa dorsal, en milímetros. AMLD: área del músculo *Longissimus dorsi* en cm²
Diferentes letras en la misma fila representan diferencias (P<0,05)

5.- Química sanguínea

Las variables de química sanguínea se presentan en el cuadro 6, donde no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Estos resultados concuerdan con los reportados por Moreno *et al.* (2006) quienes no encontraron diferencias sobre las concentraciones de urea con el uso de 10 y 20 ppm de ractopamina; sin embargo, discrepan de los reportados

por Yen *et al.* (1990) quienes observaron un incremento la concentración de urea plasmática en cerdos que consumieron ractopamina.

Cuadro 6: Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico sobre la química sanguínea de cerdos en etapa de finalización.

Variable	0 ppm			5 ppm			10 ppm			CV
	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	
Colesterol ¹ .	88,175	89,725	86,700	84,875	84,275	91,425	67,975	71,550	88,075	12,14
Colesterol ² .	102,880	85,200	79,050	79,400	90,480	87,820	82,450	74,430	90,550	17,72
Triacilglicerol ₁	25,375	31,700	19,450	33,025	51,325	28,550	25,925	20,250	22,200	53,70
Triacilglicerol ₂	15,250	21,050	16,575	14,325	16,200	15,175	20,000	26,775	16,775	54,96
Urea ¹ .	36,072	29,987	42,695	33,362	42,968	34,950	30,185	48,693	34,752	33,35
Urea ² .	74,793	81,087	66,240	69,672	91,398	64,877	73,883	66,502	81,325	20,86
Creatinina ¹ .	1,275	1,125	1,300	1,175	1,275	1,250	1,150	1,125	1,200	16,99
Creatinina ² .	1,550	1,175	1,600	1,325	1,5250	1,400	1,250	1,600	1,600	15,75
Proteínas totales ¹ .	5,597	5,660	5,772	5,852	5,912	5,657	5,525	5,572	5,340	8,46
Proteínas totales ² .	7,450	6,497	6,130	5,810	6,552	6,147	6,467	6,035	6,315	14,93
Glucosa ¹ .	98,420	77,000	103,60	75,250	83,100	92,450	79,600	77,220	82,220	18,86
Glucosa ² .	89,700	83,050	80,875	77,825	77,925	79,150	72,675	71,075	74,875	14,91

Colesterol (mg/dl). Triacilglicerol (mg/dl). Urea (mg/dl). Creatinina (mg/dl). Proteínas totales (g/dl). Glucosa (mg/dl).
1: Muestreo inicio de evaluación. 2: Muestreo final de evaluación.

6.- Características cuantitativas de las canales.

Los resultados de las variables cuantitativas de las canales se encuentran en el Cuadro 7, donde no se observan diferencias entre los tratamientos evaluados.

Los resultados observados difieren de los reportados por Crome *et al.* (1996) quienes al usar 10 ppm de ractopamina encontraron un aumento del peso

del pernil de 6,83%, de la paleta de 3,8%, el lomo 4,48% y las costillas 4,63%; sin embargo, no encontraron diferencias para el peso de la tocineta. Por otra parte, se encontró un aumento de 6,38% del peso del pernil con respecto al tratamiento control (Amaral *et al.*, 2009) con el uso de ractopamina, sin embargo, no se encontraron diferencias entre 5 y 10 ppm.

Cuadro 7: Efecto de la ractopamina, cromo orgánico y cinc orgánico en el peso de los cortes de la canal de cerdos en la fase de finalización.

Variable	0 ppm			5 ppm			10 ppm			CV
	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	
Cortes Magros	54,638	56,702	52,832	56,365	55,83 8	57,03 2	55,27 3	54,82 0	55,147	4,5
Pernil	10,525	10,700	9,513	10,412	10,56 3	10,53 7	10,81 3	10,08 8	10,762	5,97
Paleta	8,812	9,200	8,587	8,537	8,850	9,050	8,637	9,225	8,687	5,95
Chuleta	7,981	8,451	8,316	9,232	8,506	8,928	8,186	8,097	8,123	7,26
Cortes grasos	14,403	15,594	15,246	15,696	15,74 1	15,43 9	15,34 3	15,74 8	14,992	8,03
Tocineta	4,138	4,597	4,481	4,753	4,639	4,584	4,576	4,651	4,279	9,73
Costillas	1,236	1,343	1,366	1,270	1,346	1,368	1,319	1,243	1,354	5,69
Papada	1,515	1,617	1,620	1,638	1,773	1,335	1,497	1,797	1,680	24,33

Cortes Magros (kg)= pernils+paletas+chuletas; Cortes grasos (kg)=costillas+tocineta+papada
Todas las variables están expresadas en kg.

7.- Evaluación de los costos de alimentación para producir un kilogramo de cerdo.

Los costos para producir un kilogramo de cerdo se muestran en el cuadro 8, donde se evidencian diferencias ($P < 0,05$) entre los tratamientos. La utilización de 10 ppm de ractopamina solo y su combinación con cromo incrementan los costos de producir un kilogramo de cerdo, estas diferencias oscilan entre 20,25 % ($T7=178,71$) y 21,54% ($T8=180,63$) en comparación con el tratamiento control ($T1=148,61$). Esto puede atribuirse a que los aditivos son usados de forma adicional, lo cual, incrementa el costo de producción por cada kilogramo de

alimento elaborado, que, al tener el mismo comportamiento productivo, genera más costos para producir el mismo kg de carne de cerdo.

Cuadro 8: Eficiencia económica sobre los costos de alimentación con el uso de ractopamina, cromo orgánico y Zn orgánico en cerdos en la fase de finalización.

Variable	0 ppm			5 ppm			10 ppm			CV
	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	0	400 Cr	50 Zn	
Costos	148,61	158,51	158,30	172,72	163,96	162,71	178,71	180,63	165,51	7,61
	a	ab	ab	ab	ab	ab	b	b	ab	

Diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Estos resultados coinciden con los reportados por Cantarelli *et al.* (2009) quienes resaltan un incremento de 31,18% sobre los costos de alimentación de las dietas que usaron 5 ppm de ractopamina en comparación con la dieta control, sin embargo, observaron un aumento en los ingresos de 17,18% en comparación con el control, por concepto del índice de bonificación, recompensando el pago de la utilización del producto.

Por otra parte, Coble *et al.* (2013) observaron que la adición de 5 ppm ractopamina y 50 ppm de Zn incrementa los costos en las dietas al compararlo con la dieta control (28,92 y 25,83 %; respectivamente), sin embargo, no encontraron diferencias sobre la eficiencia de los costos para producir un kg de cerdo al comparar dietas con y sin ractopamina y Zn.

Amaral *et al.* (2009) encontraron diferencias en el total de ingresos netos al comparar una dieta control con dietas que contenían 5 y 10 ppm ractopamina (29,70 vs 45,60 y 48,33, respectivamente).

El valor agregado asociado a una mejor ganancia de tejido magro con el uso de aditivos modificadores del metabolismo se retribuye con una mayor recompensa por incentivo asociado a canales más magras, lo cual paga el costo generado por el uso de estas tecnologías (Cantarelli *et al.*, 2009; Corassa *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2003).

El uso de estas tecnologías está asociado al incentivo económico que se puede generar producto de canales más magras, aun cuando su uso genera un costo adicional, genera o da como resultado un mayor ingreso para el productor Watanabe *et al.* (2016), esto da como consecuencia sistemas de fijación de precios y evaluación de la calidad de las carcasas en la industria porcina (Almeida, *et al.*, 2012)

Conclusión

Según los resultados obtenidos, con el uso de 5 ppm de ractopamina y 400 ppm de cromo genera una disminución del espesor de grasa dorsal, de hasta 21,50 %, sin generar un aumento en los costos de producir un kilogramo de cerdo.

El uso de ractopamina, cromo y zinc solos o en combinación no genera cambios sobre las variables productivas de cerdos en la etapa de finalización.

El uso de 10 ppm ractopamina y cromo, solos o en combinación disminuye la eficiencia económica sobre los costos de alimentación.

El uso de zinc solo o en combinación con ractopamina disminuye la eficiencia económica sobre los costos de alimentación.

El uso de ractopamina, cromo y zinc solos o en combinación no genera cambios sobre las variables cuantitativas de las canales de los cerdos en la etapa de finalización.

La adición de 5 y 10 ppm de ractopamina, de Cromo 400 ppm y 50 ppm de zinc en la dieta de cerdos en la etapa de finalización no ejercen un efecto significativo sobre las variables de química sanguínea que puedan indicar algún efecto metabólico en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D. 2006, Respuesta productiva y características de la canal de cerdos alimentados con raciones adicionadas con un micromineral o un promotor de crecimiento, Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 63 p.
- Agostini, P. Silva, C. Bridi, A. Abrami, R. Pacheco, G. Lozano, A. Ywazaki, M. Dalto, D. Gavioli, D. Oliveira, E. Bonafé, E. Souza, N. and J. Visentainer, 2011. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno, Arch, Zootec, 60 (231): 659-670, disponible en línea: <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v60n231/art54.pdf>
- Aguilar, R, 2006. Respuesta productiva y calidad de la canal de cerdos suplementados con L-carnitina y cromo, Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 49p.
- Amaral, N. Fialho, E. Cantarelli, V. Zangeronimo, M. Borges, P. Carneiro, L. 2009. Ractopamine hydrochloride in formulated rations for barrows or gilts from 94 to 130 kg. R. Bras. Zootec. 38 (8) 1494-1501.
- Almeida, V. Berenchtein, B. Batista, L. Panhoza, M. Barbosa, D. Shigueru, V. 2010. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação, R, Bras, Zootec, 39, (9) 1969-1977.
- Almeida, V, Costa, A. Shigueru, V. 2012. Ractopamine as a metabolic modifier feed additive for finishing pigs: a review, Braz, arch, biol, technol, 55 (3) disponible en línea: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-89132012000300016&script=sci_arttext
- Bellaver, C. Fialho, H. Da silva, J. Gomes, P. 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação, Pesq, agropec, bras, Brasília, 20(8):969-974, Disponible en línea: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16131>
- Borbolla, G. 1998. Effect of Bio-Chrome™ and betaine on performance of grow/finish pigs and carcass quality, En 14th Annual Symp, Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KY.
- Burnett, D. Paulk, C. Tokach, M. Nelssen, J. Vaughn, M. Phelps, K. Dritz, S. DeRouchey, J. Goodband, R. Haydon K. and J. Gonzalez. 2016. Effects of added zinc on skeletal muscle morphometrics and gene expression of finishing pigs feed ractopamine-HCL. Animal Biotechnology, 27:1, 17-29.
- Cantarelli, V. Fialho, E. De Almeida, E. Zangeronimo, M. De Oliveira, N. De Freitas, J. 2009. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita, Ciência Rural, 39 (3) Disponible en línea: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782009000300032&script=sci_abstract&lng=pt
- Corassa, A. Lopes, D. Teixeira, A. 2010. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina e fitase. R Bras Zootec; 39:1740-47.
- Coble, K. Paulk, C. De Rouchey, J. Tokach, M. Goodband, R. and S. Dritz. 2013 Effects of added zinc and copper on growth performance and carcass

- characteristics of finishing pigs fed ractopamine HCl. Swine Day. Disponible en línea: <http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/17671>
- Crome, P. McKeith, F. Carr, T. Jones, D. Mowrey, D. and J. Cannon. 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.
- Domínguez, I. Mondragón, J. González, M. Salazar, F. Bórquez, J. y Aragón, A. 2009. Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos una revisión, *Ciencia Ergosum* 6(3) 278-284.
- Domínguez, M. y Torres, P. 2007. Comportamiento productivo y características de canal de corderos suplementados con fuentes de cromo, Tesis Universidad Autónoma Chapingo, México, 62p.
- Errecalde, C. Prieto, G. Lüders, C. García, H. 2003. farmacos b-adrenergicos en producción animal, seguridad alimentaria y calidad cárnica, Primer Congreso Argentino y Primer Congreso Mercosur de BPM - POES – HACCP, 18p.
- Feldpausch, J. Amachawadi, R. Scott, H. Tokach, M. Dritz, S. Woodworth, J. Nagaraja, T. Goodband, R. and De Rouchey, J. 2015. Effects of added copper and zinc on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs fed diets with or without ractopamine HCl," *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Swine Day*.
- Frank, J. Maxwell, C. Johnson, Z. Ward, T. and M. Wilson. 2009. Addition of zinpro® zinc methionine complex to late finishing swine diets containing ractopamine enhances growth rate, En 42 reunion American Society Animal, 112 p.
- Fry, S. Hu, W. Paton, N. Cook, D. 2013. Effect of dietary zinc level and source and ractopamina level on performance and carcass traits of finishing pigs. *J Anim Sci*. 91(Suppl. 2): O2321
- Florindo, T, Bom, G. Carrijo, J. 2015. Análise das barreiras não tarifárias à exportação de carne bovina. *Revista de política agrícola*.24(2)
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino, 2ª edición.
- García, R. Velásquez, J. Morones, R. Kawas, J. Salinas, J. 2006. Metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con dietas suplementadas con cromo-metionina. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 161-165.
- Gómez, A. y Magaña, P. 2004. Papel del cromo y del zinc en el metabolismo de la insulina, *Rev Med IMSS* 42 (4): 347-352.
- Hinson, H. Wiegand, B. Ritter, M. Allee, G. and S. Carr. 2011. Characteristics, and meat quality of finishing pigs Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass, *J Anim Sci*, 89:3572-3579, Disponible en línea:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/89/11/3572.full?sid=83ca6306-99c2-4339-8ef6-fd19f3594545>

- Huerta, N. Wilhem, E. Ríos, G. Páez, A. Rincón E. y Jerez N. 1992. Efectos de implantes, olanquidox y sexo sobre las características de la canal de cerdos. Rev, Cientif, Fac,-Cien,V, II (1):25-36.
- Huang, L. Shi, J. Pan, Y. Wang, L. Chen, D. Xie, S. Liu, Z. Yuan, Z. 2016. Elimination and Concentration Correlations between Edible Tissues and Biological Fluids and Hair of Ractopamine in Pigs and Goats Fed with Ractopamine-Medicated Feed. J Agric Food Chem. 64(9): 2012–2020
- INIA. 2015. Estación Meteorológica. Campo Experimental. Ceniap. Maracay. Estado Aragua, Venezuela.
- Jackson, A. Powell, S. Johnston, J. Matthews, J. Bidner, T. Valdez, F. and L. Southern. 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow, J Anim Sci 87:4032-4041, Disponible en línea:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/87/12/4032.full?sid=734bea6fc094-4fc3-b22f-681b267711f4>
- Kutzler, I. Holmer, S. Boler, D. Carr, S. Ritter, M. Parks, C. McKeith, F. and J. Killefer. 2011. Comparison of varying doses and durations of ractopamine hydrochloride on latefinishing pig carcass characteristics and meat quality. J ANIM SCI, 89:2176-2188. Disponible en línea:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/89/7/2176.full.pdf+html>
- Kwun, K. And Mon Y. 1996. Effect of Bio-Chrome™ on growth rate and meat quality of finisher pigs, En 12th Annual Symp, Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KY.
- Li, Y. Zhu, N. Niu, P. Shi, F. Hughes, C. Tian, X. And R, Huang, 2013. Effects of dietary chromium methionine on growth performance, carcass composition, meat colour and expression of the colour-related gene myoglobin of growing-finishing pigs, Asian Australasian Journal of Animal Sciences. Disponible en línea:
<http://www.thefreelibrary.com/Effects+of+dietary+chromium+methionine+on+growth+performance+carcass-a0337718865>
- Lemme, A. Wemnk C. Lbindemann M. Bcee, G. 1999. Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass composition of growing-finishing pigs, Ann Zootech, 48, 457-468.
- Marchant, J. Lay, D. Pajor, E. Richert, B. and A. Schinckel. 2003. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. J Anim Sci 81:416-422.
- Matthews, J. Guzik, A. LeMieux, F. Southern, L. And T, Bidner. 2005. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs, J Anim Sci, 83:858-862, disponible en línea:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/83/4/858.full?sid=f70b99ae-30fb-4316-ad87-0a36f91d936b>
- Mersmann H. 1998. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action, J Anim Sci 76: 160-172.

- Mersmann H; 2002. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *J Anim Sci* 80: 24-29.
- Moreno, R. Fischer, R. and M. Phillip. 2006. Effect of Low-Protein Non-Amino Acid Supplemented Diet and Ractopamine (Paylean®) on Growth Performance and Serum Urea Concentration of Late-Finishing Pigs. *Nebraska Swine Reports*. Disponible en línea: http://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/214
- Paulk, C. Burnett, D. Tokach, M. Nelssen, J. Dritz, S. De Rouchey, J. Goodband, R. Hill, G. Haydon, K. and J. Gonzalez. 2015. Effect of added zinc in diets with ractopamina hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and ileal mucosal inflammation mRNA expression of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:185–196.
- Paulk, C. Prusa, K. Tokach, M. Nelssen, J. DeRouchey, J. Goodband, R. and S. Dritz. 2012. Effects of added Zn in diets with ractopamine HCl on growth performance and carcass quality of finishing pigs in a commercial environment, *Swine day*. Disponible en línea: <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/15150>
- Paulk, C. Tokach, M. Dritz, S. Gonzalez, J. De Rouchey, J. and Goodband R. 2014. Effects of Added Zinc During the Grower and/or Finisher Phase on Growth Performance and Carcass Characteristics of Finishing Pigs Fed Diets With or Without Ractopamine HCl. *Swine day*. Disponible en <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/19114>
- Paulk, C. Tokach, M. Nelssen, J. Dritz, S. Gonzalez, J. DeRouchey, J. Goodband, R. Hill, M. and K, Haydon; 2013. Effects of added zinc in diets with ractopamine HCl on growth performance, carcass characteristics, and zinc concentrations in plasma, loin, and liver of finishing pigs. *Swine Day*. Disponible en línea: <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/SRP1092.pdf>
- Patience, J. Chipman, A. and M. Wilson. 2013. The effect of the lysine:calorie ratio on the response to zinc supplementation in late finishing diets containing ractopamina. *J Anim Sci.* 91(Suppl. 2):O232.
- Patience, J. and A, Chipman 2011. Impact of Zinc Source and Timing of Implementation on Grow-finish Performance, Carcass Composition and Locomotion Score, *Animal Industry Report: AS 657* disponible en línea: http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol657/iss1/79
- Pechova, A. and L, Pavlata, 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. *Veterinarni Medicina*, 52, (1): 1–18, Disponible en línea: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/00554.pdf>
- Peres, L; Bridi, A. Da Silva, C. Andreo, N. Chilanti, C. Barata, P. Nagi, J. 2014. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. *R. Bras. Zootec*, v, 43, n5, P, 369-375.
- Pospissil, C. De Sousa, R. De Souza, V. De Sousa, M. Zangeronimo, M. Silveira, H. Hiroshi, T. Dos Santos, L. 2013. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. *R, Bras, Zootec*, 42 (5) 325-333.

- Puls, C. Trout, W. Ritter, M. McKeith, F. Carr, S. and M. Ellis. 2015. Impact of ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass and pork quality characteristics, and responses to handling and transport in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:1229–1238.
- Quintero, A. y N. Huerta-Leidenz. 1999. Caracterización y evaluación de la canal porcina, En: III Curso de actualización en producción y patología porcina, Pp. 5-10.
- Rambo, Z. 2013. Effects of supplemental zinc and ractopamine on growth performance, carcass composition, and skeletal muscle synthesis and gene expression in finishing pigs. Tesis de Ph.D. Purdue University, Disponible en línea: <http://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI3592086/>
- Rostagno, H. Teixeira, L. Donzele, J. Gomes, P. De Oliveira, R. Lopes, D. Soares, A. De Toledo, S. Y Euclides, R. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. 3 edición.
- Sales, J and F, Jancík, 2011. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis, *J Anim Sci* 89:4054-4067. disponible en: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/articles/89/12/4054?highlight=&search-result=1>
- Sánchez, J. Kiefer, C. Sampaio, A. Souza, M. Alves, E. Pereira, A. 2010. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor, *R, Bras, Zootec*, 39 (7) 1523-1529 disponible en línea: <http://www.revista.sbz.org.br/artigo/visualizar.php?artigo=9048>
- See, M. Armstrong, T. Weldon, W. 2004. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *J Anim Sci* 82: 2474-80.
- Shelton, L. Payne, R. Johnston, S. Bidner, T. Southern, L. Odgaard, R. and T. Page. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs, *J Anim Sci* 81:2515-2524. Disponible en línea: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/articles/81/10/0812515?highlight=&search-result=1>
- Sumano, H. Ocampo, L. Y Gutiérrez, L. 2002, Clenbuterol y otros β agonistas. ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?, *Vet, Mex*, 30(2) 137- 159, disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/423/42333206.pdf>
- Scharlach W. and R, Kleyn. 1997. Is chromium supplementation cost effective? En 13th Annual Symp, Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KY.
- Steel, R. and Torrie, J. 1980. Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach. 2nd edition. McGraw-Hill, New York, USA, pp. 20-90.
- Vincent, J. 2000. The Biochemistry of Chromium, *J, Nutr*, 130: 715–718, disponible en línea: <http://jn.nutrition.org/content/130/4/715.long>

- Watanabe, P. Thomaz, M. Fonseca, L. Dos Santos, U. Cristani, J. 2011. Ractopamine in diets for finishing gilts, R, Bras, Zootec, 40 (4) 827-833, disponible en linea: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n4/17.pdf>
- Watanabe, P. Thomaz, M. Pascoal, L. Daniel, E. Amorim, A. Oliveira, E. 2016. Economical evaluation of ractopamine inclusion in diets of finishing gilts. Vet. e Zootec. 23 (4): 626-630
- Wedekind, K. Lewis, A. Giesemann, M. and P Miller. 1994. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets, J Anim Sci. 72:2681-2689, disponible en linea: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/abstracts/72/10/2681?search-result=1>
- Yen, J. Mersmann, H. Hill, D. and W. Pond. 1990 . Effects of ractopamine on genetically obese and lean pigs. J Anim Sci 68, 3705-3712.
- Zhang, H. Dong, B. Zhang, M. and J, Yang. 2011. Effect of chromium picolinate supplementation on growth performance and meat characteristics of swine, Biol, Trace Elem, Res, 141:159-169.