

Efecto de dos fuentes de minerales sobre el rendimiento y las características de la canal de los cerdos en crecimiento-finalización

**Evelyn Paulina Chica Loayza
Joselin Carolina Coyago Tallana**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de dos fuentes de minerales sobre el rendimiento y las características de la canal de los cerdos en crecimiento-finalización

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras Agrónomas
en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Evelyn Paulina Chica Loayza
Joselin Carolina Coyago Tallana

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2018

Efecto de dos fuentes de minerales sobre el rendimiento y las características de la canal de los cerdos en crecimiento-finalización

**Evelyn Paulina Chica Loayza
Joselin Carolina Coyago Tallana**

Resumen. El presente estudio consiste en la evaluación del efecto de dos fuentes de minerales sobre el rendimiento y las características de la canal de cerdos de engorde. Se evaluó ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia, consumo diario de alimento, uniformidad de lote, peso final, rendimiento en canal caliente, grasa dorsal, área del lomo, porcentaje de carne magra y color de la carne. Se utilizaron 288 cerdos entre hembras y machos de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces. En cuanto a su análisis estadístico se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo. No se presentaron diferencias significativas en las variables de ganancia de peso (844.39 g/día) y peso final (81.94 kg) durante ninguna de las etapas. Se redujo el consumo de alimento durante la etapa final (2,755.09 g) ractopamina a las dietas. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en al menos una de las etapas para las variables de índice de conversión alimenticia y uniformidad. En evaluación de las características de canal no se mostraron diferencias entre tratamientos, se obtuvo un rendimiento en canal caliente de 72 %, 1.86 cm de grasa dorsal, 51.48 cm² de área de lomo, 56.56% de carne magra y valores de color en escala L a* b* de 56.76, 4.29 y 13.80, respectivamente. La adición de minerales orgánicos, inorgánicos y/o ractopamina no afectó el rendimiento en canal caliente ni en las características de la canal de los cerdos.

Palabras clave: Aditivos, inorgánico, orgánico, ractopamina, rendimiento.

Abstract. The present study consists of the evaluation of the effect of two mineral sources on the performance and characteristics of the carcass of fattening pigs. Daily weight gain, food conversion index, daily food consumption, batch uniformity, final weight, hot channel yield, dorsal fat, loin area, percentage of lean meat and color of the meat were evaluated. There were 216 pigs used between females and males of the Landrace, Yorkshire, Duroc breeds and their crosses. Regarding its statistical analysis, a Completed Randomized Design (DCA) with measures repeated over time was used. There were no significant differences in the variables of daily weight gain (844.39 g/day) and final weight (81.94 kg). The food consumption was reduced during the final stage; the mineral sources used had effect when adding ractopamine to the diets (2,755.09 g). Differences were found in at least one of the stages in the variables of conversion rate and uniformity. In evaluation of the characteristics of channel was obtained: a yield in hot channel of 72.00%, 1.86 cm of dorsal fat, 51.48 cm² of crazy area, 56.76% of lean meat and color values in scale L a* b* of 56.76, 4.29 and 13.80, respectively. The addition of organic, inorganic and / or ractopamine minerals did not improve the hot runner performance or the carcass characteristics of the pigs.

Key words: Additives, inorganic, organic, performance, ractopamine.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15
7. ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Ganancia diaria de peso (g/cerdo/día) en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales	5
2. Consumo diario alimenticio (g/cerdo/día) en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales.....	6
3. Índice de conversión alimenticia en tres etapas de la alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales	7
4. Peso final en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales	8
5. Uniformidad del lote en tres etapas de la alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales, basada en el Coeficiente de Variación (%) de los pesos.....	8
6. Características de composición de la canal de cerdos alimentados con dos fuentes de minerales	9
7. Valores de color en escala L a* b* del músculo <i>Longissimus dorsi</i> analizados 24 horas después de cosecha	11
Anexos	Página
1. Dietas por etapa	19

1. INTRODUCCIÓN.

Los porcinos han sido criados en el mundo por el hombre con el fin de producir y obtener su carne para alimentarse, así como para distribuir, comercializar e intercambiar las mercancías. Los cerdos se caracterizan por su alta capacidad productiva y se adaptan a diferentes condiciones ambientales y climáticas (Alonso Pesado y Rodríguez de Jesús 2016). Visto el aumento de la demanda mundial de carne, las especies de crecimiento rápido con un mejor índice de conversión de alimentos, como los cerdos, pueden contribuir en gran medida al desarrollo del subsector pecuario (FAO 2014a). La carne roja de mayor consumo mundial es la de cerdo, cuya demanda en las últimas décadas ha experimentado un fuerte incremento. Esto se debe a los cambios en los patrones de consumo derivados del aumento de ingresos en los países en desarrollo con economías de rápido crecimiento. Junto con el de las aves de corral, el porcino es el subsector pecuario de mayor crecimiento, con un número de animales que alcanzó los mil millones antes de 2015, el doble que en la década de 1970 (FAO 2016).

En cuanto a América Latina, el consumo per cápita de carne de cerdo está consistentemente creciendo, aunque todavía está lejos de las cifras que los países de la Unión Europea están experimentando. Pero, debido a que los principales mercados de Latinoamérica están impulsando la producción porcina y las exportaciones, surgen expectativas positivas para el futuro de este sector (Kroll 2010).

La carne puede formar parte de una dieta equilibrada, aportando valiosos nutrientes beneficiosos para la salud. Esta y sus subproductos contienen importantes niveles de proteínas, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y el desarrollo (FAO 2014b). Una nutrición adecuada, fundamental para una exitosa producción porcina, constituye uno de los desafíos más importantes del sector, en particular por lo que se refiere a la disponibilidad y el costo de la alimentación (FAO 2014c).

Actualmente, la mayoría de los cerdos se crían en confinamiento, sin acceso al suelo o forraje (fuentes de minerales traza alternativa); este ambiente de crianza puede aumentar la necesidad de suplementos minerales. Las funciones de estos elementos son extremadamente diversas, van desde funciones estructurales en algunos tejidos hasta una amplia variedad de funciones reguladoras (National Academy of Sciences 1998). Es por esta razón que es de suma importancia satisfacer los requerimientos de minerales traza a través de la dieta que a su vez tendrá como resultado el desarrollo en su máximo potencial. Uno de los métodos para lograr lo mencionado anteriormente es el uso de aditivos.

En términos generales, un aditivo alimentario se refiere a un producto incluido en la formulación a un nivel bajo de inclusión cuyo propósito es incrementar la calidad

nutricional del alimento, el bienestar o la salud del animal. De acuerdo a sus propiedades y funciones se encuentran las siguientes categorías: tecnológicos, sensoriales, nutricionales, zootécnicos y coccidiostatos/histomonotastos (Ravindran 2010).

El enfoque de la presente investigación es el uso de minerales traza: orgánicos (quelatos) e inorgánicos, los cuales forman parte de los aditivos nutricionales. Se llevará a cabo en cerdos en crecimiento y acabado al agregar a la dieta un suplemento de crecimiento/finalización que se comparará con un promotor de crecimiento convencional (ractopamina).

- El objetivo del estudio fue la evaluación del efecto de dos fuentes de minerales en cerdos de engorde, sobre la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento, el índice de conversión alimenticia, peso final, uniformidad de lote, rendimiento en canal caliente, grasa dorsal, área del lomo, porcentaje de carne magra y color de la carne.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El ensayo se realizó entre diciembre 2017 y julio 2018 en la "Granja Porcina Educativa" de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras; ubicada en el valle del río Yegüare, a 30 km al sureste de Tegucigalpa, a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio anual de 24 °C. Por último, la cosecha de cerdos se realizó en la Planta de Cárnicos de la misma escuela.

Se utilizaron 288 cerdos (96 por tratamiento) entre hembras y machos de las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y sus cruces. Estos fueron asignados a los tratamientos de acuerdo a su raza y peso, distribuidos en corrales con un área de 15 m² (3 m × 5 m), con pisos de cemento, comedores de tolva y bebederos de chupete. Se preparó dietas isocalóricas e isoprotéicas formuladas con los requisitos del NRC (National Research Council 2012) y suministradas *ad-libitum*, pesando lo ofrecido diariamente y rechazado al final de cada una de las tres fases.

- Fase Crecimiento: Desde los 70 a 105 días de edad.
- Fase Desarrollo: Desde los 106 a 140 días de edad.
- Fase Final: Desde los 141 a 161 días de edad.

Se evaluaron tres tratamientos:

- T1: Los cerdos de 70 a 161 días de edad, con 31.4 ± 2.08 kg de peso vivo inicial (PV), recibieron una dieta con el suplemento de minerales orgánicos de crecimiento/finalizador.
- T2: Los cerdos de 70 a 161 días de edad, con 30.2 ± 1.04 kg de peso vivo inicial (PV), recibieron una dieta con el suplemento de minerales orgánicos de crecimiento/finalizador + ractopamina durante la fase de acabado.
- T3: Los cerdos de 70 a 161 días de edad, con 29.8 ± 1.07 kg de peso vivo inicial (PV), recibieron la misma dieta de los tratamientos 1 y 2 con una premezcla basada en minerales inorgánicos + ractopamina durante la fase de acabado.

Se evaluaron las siguientes variables:

Ganancia diaria de peso (g/cerdo/día) (GDP): Los cerdos se pesaron al inicio y al final de cada etapa de alimentación.

Consumo diario de alimento (g/cerdo/día) (CDA): Se pesó el alimento ofrecido diariamente y el rechazo al final de cada fase de alimentación.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA): Se obtuvo de la relación entre el consumo diario de alimento sobre la ganancia diaria de peso.

Peso final (kg): Se pesó cada cerdo al final de cada fase del tratamiento.

Uniformidad del lote (%): Se evaluó con base en el coeficiente de variación de los pesos al final de cada fase.

Rendimiento canal caliente (%): Se obtuvo entre el peso de la canal caliente (sin cabezas, patas ni vísceras) sobre el peso vivo del animal.

Grasa dorsal (cm): Se midió con un pie de rey a la altura de la décima costilla.

Área lomo (cm²): Se midió el área del músculo *Longissimus dorsi* a la altura de la décima costilla utilizando el método de la Universidad de Illinois (hoja cuadrículada), 24 horas después de cosecha.

Carne magra (%): Se calculó a partir de la fórmula 1 para posteriormente sustituirse el valor obtenido en la fórmula 2.

$$\text{Carne libre de grasa (lb)} = 8.588 + [0.465 \times \text{peso canal caliente (lb)}] + [3.005 \times \text{área de lomo (pulg}^2)] - [21.896 \times \text{grasa dorsal (pulg)}] \quad [1]$$

$$\text{Carne magra (\%)} = \frac{\text{Carne libre de grasa (lb)}}{\text{Peso canal caliente (lb)}} \times 100 \quad [2]$$

Color de la carne: Se determinó con el colorímetro ColorFlex Hunter (modelo 45-0) con la escala L a* b*, donde:

L, mide la intensidad de oscuro a claro, con una escala de 0 a 100.

a*, mide las ondas de rojo (+) a verde (-).

b*, mide las ondas de amarillo (+) azul (-).

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo con tres tratamientos y ocho repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron utilizando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico “Statidistical Analysis System” (SAS®, versión 9.4); además, se realizó un análisis de varianza ANDEVA y la prueba de Least Squares Means y Tukey para hacer comparación de medias.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Ganancia diaria de peso (g/día).

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos para la ganancia diaria de peso en ninguna de las etapas evaluadas (Cuadro 1). Esta igualdad concuerda con Hernández *et al.* (2008) quienes compararon varios niveles de cobre y zinc de diferentes formas minerales y de igual forma no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la ganancia diaria de peso promedio.

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso (g/cerdo/día) en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales.

Tratamientos	Crecimiento ^(ns)	Desarrollo ^(ns)	Finalización ^(ns)
Minerales orgánicos	728.70	842.74	924.61
Minerales orgánicos + RAC [£]	729.86	872.96	944.40
Minerales inorgánicos + RAC [£]	709.50	888.13	958.65
Probabilidad	0.64	0.31	0.44

^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos ($P>0.05$).

[£]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de finalización.

Durante la etapa de crecimiento se obtuvo un promedio de 722.68 g/día que supera el rango establecido por Castillo (2006) quien indica que la ganancia debería estar entre 600 – 650 g. Así mismo, es superior al alcanzado por Loaisiga Romero y Deshon Gómez (2017) quienes tuvieron un promedio de 660.15 g al utilizar un núcleo nutricional compuesto entre sus ingredientes, por minerales orgánicos como hierro, zinc y cobre.

En cuanto a la segunda etapa, el promedio fue de 867.94 g/día, esta ganancia se encuentra ligeramente por debajo de la obtenida en el estudio realizado por Balseca Paredes y Bello Romano (2014), en el que se tuvo un promedio de 873.25 g/cerdo/día. Sin embargo, Benítez *et al.* (2015) reportaron un menor promedio de 822.6 g al comparar tres dietas las cuales entre sus ingredientes agregaron minerales inorgánicos.

En la etapa de finalización se obtuvo una ganancia promedio de peso de 942.55 g/día, el cual es superior a 842.415 g, promedio que fue logrado por Valdés Quintero y Arcilla Rivera (2014) durante esta etapa. No obstante, Reyes Bourdierd *et al.* (2003) al suministrar 10 g/TM de ractopamina en cerdos de 85 – 110 kg obtuvo un valor más alto, 1,059 g/cerdo/día. Por otra parte, Rosales Paniagua (2004) comparó tres niveles de ractopamina (5, 10, 5 + 10 g/TM) teniendo un promedio de ganancia de 1,094.6 g/día, valor que supera al obtenido en este estudio.

Consumo diario de alimento (g/cerdo/día).

Para la variable de consumo diario de alimento no se encontró diferencias ($P>0.05$) en las primeras dos etapas, sin embargo, durante la etapa de finalización fue el tratamiento de minerales orgánicos más ractopamina el que presentó el menor consumo (Cuadro 2), siendo similar al tratamiento de minerales inorgánicos sin ractopamina.

El consumo diario de alimento en promedio durante la etapa de crecimiento fue de 1,866.89 g, el cual supera levemente al rango proveído por Castillo (2006), quien establece un rango de 1,600 g – 1,800 g por día. El presente consumo también es superior al reportado por Pañeda (2002) quien indica un consumo diario de 1,800 g durante la etapa de crecimiento.

Cuadro 2. Consumo diario alimenticio (g/cerdo/día) en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales.

Tratamientos	Crecimiento ^(ns)	Desarrollo ^(ns)	Finalización [*]
Minerales orgánicos	1,933.51	2,712.62	3,034.14 ^a
Minerales orgánicos + RAC [‡]	1,815.20	2,687.43	2,755.09 ^b
Minerales inorgánicos + RAC [‡]	1,851.98	2,585.98	2,874.37 ^{ab}
Probabilidad	0.29	0.26	0.01

^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos ($P>0.05$).

^{*}: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre los tratamientos ($P\leq 0.05$).

[‡]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de finalización.

En la etapa de desarrollo se obtuvo un promedio de 2,663.34 g, valor que no está muy lejano al establecido por Pañeda (2002) quien indica un consumo diario de 2,600 g y asimismo es mayor al alcanzado por Siraze Calvo y Véliz Guadamud (2015) quienes suministraron selenio orgánico a la dieta, obteniendo un consumo promedio de 2,560 g durante esta etapa.

Finalmente, a los 161 días se puede observar que al adicionar ractopamina a una dieta con minerales orgánicos se reduce el consumo de alimento (2,755.09 g). Este valor es inferior a los obtenidos por Pañeda (2002) y Siraze Calvo y Véliz Guadamud (2015), quienes reportaron 3,000 g y 3,395 g respectivamente. Asimismo, es superado por los reportados por Ochoa Ochoa (2007), Valdés Quintero y Arcilla Rivera (2014) quienes obtuvieron 3,072.15 g y 3,059.31 g respectivamente. A pesar de haber obtenido diferencias, este enunciado discrepa con Burkett *et al.* (2009) quienes compararon fuentes de minerales a distintas concentraciones, más un control y no obtuvieron diferencias entre su consumo.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA).

El índice de conversión alimenticia (ICA) obtenido en la fase de crecimiento dio un promedio entre tratamientos de 2.5, sin mostrar diferencias entre tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 3). Este valor discrepa con Loaisiga Romero y Deshon Gómez (2017) quienes reportaron un índice 2.85 al utilizar un núcleo proteico conformado por minerales orgánicos. Además, Valdés Quintero y Arcilla Romero (2014) obtuvieron un ICA de 2.72,

siendo así el valor obtenido en este ensayo, mejor en comparación a las referencias mencionadas.

Durante la fase de desarrollo el tratamiento de minerales inorgánicos más ractopamina el presentó el mejor índice de conversión comparado con el tratamiento de minerales orgánicos ($P \leq 0.05$), este valor concuerda con los reportados por Loaisiga Romero y Deshon Gómez (2017) y Reyes Bourdierd *et al.* (2003) quienes coinciden con un índice de 2.9.

Cuadro 3. Índice de conversión alimenticia en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales.

Tratamientos	Crecimiento ^(ns)	Desarrollo*	Finalización*
Minerales orgánicos	2.68	3.24 ^a	3.27 ^a
Minerales orgánicos + RAC [‡]	2.50	3.08 ^{ab}	2.95 ^b
Minerales inorgánicos + RAC [‡]	2.61	2.91 ^b	3.02 ^{ab}
Probabilidad	0.19	0.02	0.02

^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

*: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

[‡]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de finalización.

La etapa de finalización presentó diferencias entre los tratamientos que incluyen minerales orgánicos, encontrando que al adicionar ractopamina a estas dietas se mejora el ICA. El valor obtenido es mejor al de Reyes Bourdierd *et al.* (2003) quien probó diferentes concentraciones de ractopamina con diferentes pesos e indicó un índice de 3.1 en cerdos de 85 a 110 kg. Asimismo, supera al reportado por Pañeda (2002) quien registró un índice de 3.75, lo que significa que durante este experimento se obtuvo una mejor conversión alimenticia utilizando la fuente de mineral orgánico más ractopamina. Adicionalmente, el tratamiento de minerales orgánicos más ractopamina fue el más cercano al índice reportado por Casa Yajamin y Jiménez Valdiviezo (2013), quienes obtuvieron un valor de 2.72 durante la fase de finalización. El índice registrado coincide con Rosales Paniagua (2009) quien comparó tres concentraciones de ractopamina y resultó en un promedio de 2.9. Rosales no encontró diferencia entre concentraciones del producto pero sí fue mejor que el control (0 ractopamina) ya que necesitó 0.6 kg menos de alimento para la ganancia de 1 kg de peso.

Peso final.

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos, en ninguna de las tres fases evaluadas (Cuadro 4). El peso promedio encontrado al finalizar la etapa de crecimiento fue de 55.09 kg, valor que se encuentra ligeramente por debajo del determinado por Elanco (2001) el cual establece un peso de 56.09 kg a los 105 días de edad.

Cuadro 4. Peso final en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales.

Tratamientos	Crecimiento^(ns)	Desarrollo^(ns)	Finalización^(ns)
Minerales orgánicos	55.15	84.65	104.07
Minerales orgánicos + RAC [£]	55.63	86.18	106.02
Minerales inorgánicos + RAC [£]	54.50	85.58	105.72
Probabilidad	0.30	0.16	0.07

^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos (P>0.05).

[£]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de finalización.

En el periodo de desarrollo se obtuvo un promedio de 85.47 kg, este peso concuerda con el indicado por Solla (2018) la cual reporta un peso promedio de 85 kg. En base a lo establecido por Elanco (2001) que indica que el peso ideal al llegar a los 140 días es de 86 kg, se puede reconocer que es el tratamiento de minerales orgánicos más ractopamina el que presenta el valor más cercano.

El peso promedio en la etapa de finalización fue de 105.27 kg, valor que está próximo a 108.6 kg establecido por Reyes Bourdier *et al.* (2003). En comparación con el estudio realizado por Casa Yajamin y Jiménez Valdiviezo (2013) quienes evaluaron diferentes concentraciones de ractopamina, se obtuvo 8.2 kg más en peso final que el reportado por ellos. Sin embargo, el valor obtenido en el presente estudio no supera al reporte de Benítez *et al.* (2017) quienes compararon tres niveles de adición de la ractopamina en su dieta (0, 10 y 20 g/TM), obteniendo como resultados mejores pesos al adicionar el aditivo (111.12 kg).

Uniformidad de lote.

La uniformidad representa la homogeneidad con la que los cerdos se desarrollaron en cada una de las etapas (crecimiento, desarrollo, finalización) y tratamientos. Se determinó con base en el coeficiente de variación del peso de cada etapa evaluada y se obtuvo diferencias entre tratamiento durante la etapa de desarrollo y finalización (P≤0.05) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Uniformidad del lote en tres etapas de alimentación de cerdos de engorde, utilizando dos fuentes de minerales, basada en el Coeficiente de Variación (%) de los pesos.

Tratamiento	Crecimiento^(ns)	Desarrollo*	Finalización*
Minerales orgánicos	12.79	10.38 ^a	9.50 ^a
Minerales orgánicos + RAC [£]	14.05	12.93 ^b	12.52 ^b
Minerales inorgánicos + RAC [£]	12.03	10.01 ^a	11.38 ^{ab}
Probabilidad	0.10	0.02	0.02

^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos (P>0.05).

*: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre los tratamientos (P≤0.05).

[£]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de finalización.

Durante la etapa de crecimiento todos los tratamientos demostraron el mismo comportamiento en cuanto a su desempeño. Sin embargo, durante la etapa de desarrollo fueron los tratamientos de minerales orgánicos y minerales inorgánicos más ractopamina aquellos que presentaron menor coeficiente de variación. Por otra parte, durante la última etapa fue el tratamiento de minerales orgánicos el que presentó mejor uniformidad. Brumm (2003) establece que es bastante frecuente que los productores tengan poblaciones con un coeficiente de variación próximo al 12%, por lo tanto, los porcentajes son aceptados.

Características de composición de la canal.

El Cuadro 6 presenta el efecto en las características de composición de la canal del cerdo al suministrar ractopamina en conjunto con los minerales orgánicos e inorgánicos. Bajo las condiciones de este estudio, en ninguno de los tratamientos evaluados se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el rendimiento canal caliente (RCC) y las características de la canal: Grasa dorsal (GD), área del lomo (AL) y carne magra (CM).

Cuadro 6. Características de composición de la canal de cerdos alimentados con dos fuentes de minerales.

Tratamientos	RCC [¥] (%) (ns)	GD [®] (cm) (ns)	AL ^Ω (cm ²) (ns)	CM ^³ (%) (ns)
Minerales orgánicos	72.07	1.96	50.64	55.81
Minerales orgánicos + RAC [£]	72.15	1.74	51.00	57.08
Minerales inorgánicos + RAC [£]	71.79	1.87	52.80	56.80
Probabilidad	0.50	0.34	0.09	0.51

^{ns}: No existe diferencia significativa ($P>0.05$).

[£]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de acabado.

[¥]RCC: Rendimiento canal caliente (%)

[®]GD: Grasa dorsal (cm)

^ΩAL: Área de lomo (cm²)

^³CM: Carne magra (%)

Rendimiento de canal caliente.

Los resultados obtenidos indican que la ractopamina y las fuentes de minerales, no tienen efecto significativo en el rendimiento de canal caliente ($P>0.05$) (Cuadro 6), lo cual coincide con los resultados de Reyes Bourdier *et al.* (2003), quienes no encontraron diferencias al suministrar 5 y 10 g/TM de ractopamina en cerdos con 65, 75 y 85 kg de peso inicial para la fase de acabado, alcanzando un rendimiento promedio de 70.28%. Estos resultados concuerdan con los de Ochoa Ochoa (2007) quien no obtuvo diferencias al usar 5 g/TM de ractopamina y consiguió un rendimiento de 70.75%. Así mismo, Frenzel *et al.* (2011) y Benítez *et al.* (2017) concluyeron que la inclusión de ractopamina en la dieta no tiene efecto en el peso de canal caliente.

Por otra parte, Fernández Dueñas *et al.* (2008) indican en sus resultados que hubo diferencias al evaluar con 5 y 7.4 g/TM de ractopamina durante los 21 y 28 días finales

previos a la cosecha obteniendo 3.35 a 4.51 kg más de carne, en comparación con el control. Por otro lado, Stites *et al.* (1991) encontraron un incremento de 2% conforme aumentó la dosis a 20 g/ton de ractopamina con 104 kg de peso al sacrificio.

Grasa dorsal.

Los resultados obtenidos (Cuadro 6) concuerdan con Burkett *et al.* (2009) quienes tampoco obtuvieron diferencias al comparar el efecto de minerales traza inorgánicos en 100% de dosis comercial de minerales inorgánicos y confrontar con 100, 75 y 50% de la dosis comercial recomendada de minerales orgánicos. Sin embargo, en comparación con los resultados obtenidos en este estudio, obtuvieron un mayor valor de espesor de grasa (2.23 cm), no obstante, se debe considerar que no se suministró fuente alguna de ractopamina y que se suministró como fuente mineral cobre, hierro y zinc.

Tomando en consideración el efecto de ractopamina, los resultados concuerdan con los obtenidos por Armstrong *et al.* (2004), quienes no obtuvieron diferencias significativas al evaluar con ractopamina por 6, 13, 20, 27 y 34 días en la alimentación con 5, 10 y 20 g/TM de concentración en las dietas. De la misma manera, Reyes Bourdierd *et al.* (2003) no encontraron diferencias entre tratamiento con 5 y 10 g/TM de ractopamina, pero sí al evaluar en diferentes pesos finales, esto debido a que conforme el cerdo aumenta de peso, tiende a aumentar la deposición de tejido graso.

Estos resultados discrepan con los obtenidos por Ochoa Ochoa (2007) quien al adicionar 5 g/TM de ractopamina, obtuvo 1.6 cm de espesor de grasa, una reducción de la deposición de grasa dorsal de 40.3% con relación al control. De la misma forma, Uttaro *et al.* (1993) reportaron reducciones de espesor de grasa a la décima costilla de 7.9 y 15.3%, en cerdos tratados con 10 y 20 g/TM a 107 y 125 kg. Los resultados de este estudio muestran que es factible no utilizar ractopamina en la fase de finalización al utilizar minerales orgánicos, sin afectar el espesor de grasa dorsal.

Área de lomo.

Los valores medios obtenidos del área de lomo en los tres tratamientos (Cuadro 6), no tuvieron diferencia ($P>0.05$). Estos valores, no concuerdan con los encontrados por Armstrong *et al.* (2004) quienes evidenciaron un incremento del área de lomo al alimentar con 10 y 20 g/TM de ractopamina durante 27 días y 34 días con 5, 10 y 20 g/TM. Por otro lado, Stoller *et al.* (2003) obtuvieron un incremento de 1.4 cm² con la adición de ractopamina y no encontró interacciones entre líneas genéticas y sexo. Por otro lado, Ochoa Ochoa (2007) y Reyes Bourdierd *et al.* (2003) también obtuvieron un incremento del área de lomo de 11.92 y 20%, respectivamente.

Frenzel *et al.* (2011) indican no tener ningún efecto el uso de ractopamina, pero considera que es puede ser un resultado inconsistente por evaluarse con cerdos livianos de 68.23 kg. Por otro lado, Burkett *et al.* (2009) no encontraron diferencias entre los tratamientos al suministrar dosis comerciales recomendadas de minerales orgánicos e inorgánicos y evaluar con cantidades reducidas de minerales orgánicos.

Carne magra.

Los resultados obtenidos (Cuadro 6), no coinciden con los de Bohrer *et al.* (2013) quienes obtuvieron diferencias significativas con 61.43% de carne magra al usar ractopamina y 1.10% más que el control. Reyes Bourdierd *et al.* (2003) reportaron los mayores incrementos de carne magra con la adición de 5 y 10 g/TM a 90 kg, por cada kilogramo de grasa en canal, aumentaron en 0.94 y 1.95 kg más de carne magra, en comparación con los controles al mismo peso. Esto se atribuye a que la ractopamina incrementa la síntesis de proteína, la tasa de lipólisis (degradación de grasa) y reduce la tasa de lipogénesis.

Los resultados de este estudio también discrepan con los obtenidos por Herr *et al.* (2001), quienes reportaron que un tratamiento intensivo y constante de 10.5 g/TM de ractopamina durante seis semanas generó un aumento promedio en el porcentaje de carne magra de 1.93 unidades porcentuales (54.9 frente a 53.0%).

Color de la carne.

Los resultados obtenidos del colorímetro ColorFlex Hunter del valor de luminosidad (L), y valores de a* positivos que indican la intensidad del color rojo típico de la carne y valores positivos de b* que indican la intensidad de color amarillo, no tuvieron diferencias entre los tratamientos (P>0.05) (Cuadro 7). Estos resultados concuerdan con Fernández Dueñas *et al.* (2008) quienes al usar ractopamina, no encontró diferencias en los valores L y a* sin embargo, los valores de b* fueron significativamente más bajos en comparación con el control, es decir, de mayor intensidad. Por otro lado, Stites *et al.* (1991) no encontraron diferencias entre los tratamientos, no obstante, el método utilizado para la evaluación de esta variable en el músculo *Longissimus dorsi* fue una escala de cinco puntos establecida por Wisconsin Pork Quality Standards.

Cuadro 7. Valores de color en escala L a* b* del músculo *Longissimus dorsi* analizados 24 horas después de cosecha

Tratamientos	Escala		
	L (ns)	a* (ns)	b* (ns)
Minerales orgánicos	57.24 ± 3.06	4.30 ± 1.28	13.97 ± 0.93
Minerales orgánicos + RAC [‡]	56.89 ± 2.37	4.06 ± 1.30	13.86 ± 0.74
Minerales inorgánicos + RAC [‡]	56.16 ± 3.27	4.51 ± 1.06	13.58 ± 0.97
Probabilidad	0.99	0.15	0.31

^{ns}: No existe diferencia significativa (P>0.05).

[‡]RAC: Ractopamina adicionada durante la fase de acabado.

En el estudio realizado por Reyes Bourdierd *et al.* (2003) obtuvieron un valor L promedio de 45.47 en el control y 52.57 con ractopamina, es decir, un color más claro en los cerdos que recibieron ractopamina. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Uttaro *et al.* (1993) quienes indican que la adición de 20 g/TM de ractopamina no afecta el valor L y b* de la carne. Sin embargo, los valores de a* en estos dos estudios concuerdan en que los tratamientos presentaron un color menos rojo que el control, esto debido a que los cerdos

tratados con ractopamina tienen menor oximioglobina, debido al efecto de dilución por la hipertrofia de la fibra muscular.

Estos valores encontrados pudieran tener diferencias al evaluarse en diferentes tiempos como lo establece Algorañaz Schnorr (2007) quien evidenció de 8.28 una disminución a 5.74 en el valor a^* y un incremento de 14.90 a 16.79 en el valor b^* al medir a las 48 horas y 7 días después de la cosecha.

4. CONCLUSIONES.

- La ganancia diaria de peso y el peso final de los cerdos fueron similares durante todas las etapas en los tratamientos.
- La fuente de minerales utilizados, no afecta el consumo de alimento en la fase de crecimiento y desarrollo, sin embargo, en la etapa final, al adicionar ractopamina a la dieta de minerales orgánicos e inorgánicos se reduce el consumo de alimento.
- El índice de conversión alimenticia no fue afectado en la fase de crecimiento, no obstante, en la fase de desarrollo y la fase final, al adicionar ractopamina a la dieta de minerales orgánicos e inorgánicos se obtuvo un mejor índice de conversión alimenticia.
- La uniformidad del lote no presentó diferencias entre tratamientos durante la fase de crecimiento, sin embargo, presentó diferencias durante la etapa de desarrollo y finalización, siendo en esta etapa la fuente de minerales orgánicos la que presentó mejor homogeneidad.
- La adición de minerales orgánicos o inorgánicos, no afecta el rendimiento en canal caliente ni en las características de la canal de los cerdos: Grasa dorsal, área del lomo, carne magra y color de la carne.

5. RECOMENDACIONES.

- Hacer un análisis de costos para comparar productos.
- Medir los niveles de concentración de minerales en la carne.
- Medir los niveles de minerales traza orgánicos e inorgánicos en la excreción fecal de cerdos de engorde.

6. LITERATURA CITADA.

- Algarañaz Schnorr L. 2007. Predicción de la purga (exudado) de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*), en bandeja, basada en las características de canal. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/559/1/AGI-2007-T002.pdf>.
- Alonso Pesado FA, Rodríguez de Jesús E. 2016. La Carne de Cerdo en el Mundo y las Importaciones y Exportaciones del Producto por México. BMEditores; [actualizado el 20 de jun. de 2016]. <http://bmeditores.mx/carne-cerdo-en-mundo-las-importaciones-exportaciones-del-producto-por-mexico/>.
- Armstrong TA, Ivers DJ, Wagner JR, Anderson DB, Weldon WC, Berg EP. 2004. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J Anim Sci.* 82(11):3245–3253. eng. doi:10.2527/2004.82113245x.
- Balseca Paredes M, Bello Romano L. 2014. Desempeño de cerdos de engorde con dos programas comerciales de alimentación [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano - Honduras. 25p.
- Benítez J, Gómez A, Hernández J, Navarrete R. 2015. Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de porcinos en engorda. *Abanico veterinario*, 5(3), 36-41. México. Consultado 2018 sept 18, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000300036&lng=es&tlng=es.
- Benítez J, Gómez A, Hernández J, Navarrete R. 2017. Efecto de la ractopamina sobre rendimiento productivo y de la canal en cerdos comerciales. *Edúcate con ciencia.* 13(14):37–44. <http://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/article/view/296/287>.
- Bohrer B, Kyle J, Boler D, Rincker P, Ritter M, Carr S. 2013. Meta-analysis of effects of ractopamine hydrochlorine on carcass cutability and primal yields of finishing pigs. *J Anim Sci.* 91(2):1015–1023. <https://search.proquest.com/docview/1371811002?accountid=149393>.
- Brumm M. 2003. Definición de la variación del peso de los cerdos en el destete y el sacrificio [Internet]. https://www.3tres3.com/articulos/variacion-del-peso-de-los-cerdos-en-el-destete-y-el-sacrificio_548/.

- Burkett J, Stalder K, Powers W, Bregendahl K, Pierce J, Baas T, Bailey T, Shafer B. 2009. Effect of Inorganic and Organic Trace Mineral Supplementation on the Performance, Carcass Characteristics, and Fecal Mineral Excretion of Phase-fed, Grow-finish Swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22(9):1279-1287
- Casa Yajamín D, Jiménez Valdiviezo M. 2013. Uso de ractopamina en cerdos en la fase de finalización, para mejorar los parámetros productivos. Quito: Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2283/1/T-UCE-0014-59.pdf>.
- Castillo R. 2006. Producción de Cerdos. Primera edición, Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 89 p. ISBN: 1-885995-63-6
- Elanco Animal Health. 2001. Technical Manual from Paylean®. Mode of action. Division of Eli Lilly and Company. Indianapolis, Indiana, 46240. USA.
- FAO. 2014a. Cerdos y la producción animal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. [Consultado 2017 oct 30]. <http://www.fao.org/Ag/AGAInfo/themes/es/pigs/production.html>.
- FAO. 2014b. Cerdos: nutrición y los alimentos.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; [Consultado 2017 oct 30]. http://www.fao.org/Ag/AGAInfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html.
- FAO. 2014c. Consumo de carne. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; [Consultado 2017 oct 28]. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>.
- FAO. 2016. Cerdos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; [Consultado 2017 oct 28]. <http://www.fao.org/Ag/AGAInfo/themes/es/pigs/home.html>.
- Fernández Dueñas DM, Myers AJ, Scramlin SM, Parks CW, Carr SN, Killefer J, McKeith FK. 2008. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *J Anim Sci.* 86(12):3544–3550. eng. doi:10.2527/jas.2008-0899.
- Frenzel MA, Harp RM, Lambert BD, Cadle JM, Leslie GL. 2011. Effect of Ractopamine Hydrochloride on Growth and Carcass Characteristics of Lightweight Swine. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources.* 24:74–82. <http://txjanr.agintexas.org/index.php/txjanr/article/view/53>.
- Hernández A, Pluske JR, D'Souza DN, Mullan BP. 2008. Levels of copper and zinc in diets for growing and finishing pigs can be reduced without detrimental effects on production and mineral status. [Informe] Cambridge University Press, 2008.

- Herr C, Schinckel A, Watkins L, Weldon B, Richert B. 2001. Optimal Paylean® Sequence (Step-up/Step-down) When Fed to Late-finishing Swine. Purdue University. <http://www.ansc.purdue.edu/swine/porkpage/nutrient/paylean/OptimalPayleanSequence.html>.
- Kroll C. 2010. La carne de cerdo gana terreno en Latinoamérica. Argentina: [sin editorial]; [actualizado 2010 mar 05; consultado 2017 oct 28]. <http://www.wattagnet.com/articulos/5224-la-carne-de-cerdo-gana-terreno-en-latinoamerica>.
- Loaisiga Romero J, Deshon Gómez C. 2017. Evaluación de dos programas de alimentación en cerdos de engorde desde la etapa de inicio hasta cosecha [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano - Honduras. 21p.
- National Academy of Sciences, editor. 1998. Nutrition Requirements of Swine: Nutrition Requirements of domestic animals. 10ª ed. Washington, D.C.: National Academies Press. 47-57.
- NRC (National Research Council) 2012. Nutrient requirements of swine (10th Ed.) Consultado 2018 sept 26. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ochoa Ochoa E. 2007. Evaluación de dos fuentes de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos [Informe] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano – Honduras. 25p.
- Pañeda H. 2002. Ración diaria de alimento de cerdos en engorde [Informe] Michoacán: Engormix.
- Ravindran V. 2010. Aditivos en alimentación animal: presente y futuro. New Zeland: Massey, Instituto de alimentos, nutrición y salud humana. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/44-10CAP_I.pdf.
- Reyes Bourdierd R, Castillo R, García C, Vélez M, Hincapié J. 2003. Efecto de la adición de Paylean® en la dieta de finalización en cerdos. Revista Ceiba. 44(1):67-76
- Rosales Paniagua E. 2004. Efecto de Paylean ® sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo. [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano - Honduras. 30p.
- Siraze Calvo D, Veliz Guadamud E. 2015. Evaluación de selenio orgánico en la dieta de cerdos de engorde [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano – Honduras. 19p.
- Solla 2018. Generalidades del Ciclo Productivo Porcícola. Nutrición Animal. Consultado 13 de septiembre de 2018. Disponible en: <https://www.solla.com/node/1602>.

- SAS® (Statistical Analysis Institute Inc) 2013. Statistical Analysis Systems 9.4 for Windows Stantard versión users Guide.
- Stites CR, McKeith FK, Singh SD, Bechtel PJ, Mowrey DH, Jones DJ. 1991. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *J Anim Sci.* 69(8):3094–3101. eng.
- Stoller GM, Zerby HN, Moeller SJ, Baas TJ, Johnson C, Watkins LE. 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science.* 81(6):1508–1516. eng. doi:10.2527/2003.8161508x.
- Uttaro BE, Ball RO, Dick P, Rae W, Vessie G, Jeremiah LE. 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine1. *Journal of Animal Science.* 71(9):2439–2449. doi:10.2527/1993.7192439x.
- Valdés Quintero K, Arcilla Rivera L. 2014. Comparación de dos niveles nutricionales en cerdos de engorde [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano – Honduras. 19p.

Anexo 1. Dietas por etapa.

Ingredientes	70-105 días			106-140 días			141-161 días		
	T1:	T2:	T3:	T1:	T2:	T3:	T1:	T2:MO	T3: MI+
	MO	MO	MI	MO	MO	MI	MO	+RAC	RAC
Maíz	62.39	62.39	62.39	71.75	71.75	71.75	61.13	61.08	61.08
Harina de soya	29	29	29	20.5	20.5	20.5	27.9	27.9	27.9
Melaza	3	3	3	3	3	3	5	5	5
Aceite de palma	2	2	2	1.3	1.3	1.3	2.5	2.5	2.5
Carbonato de Calcio	1.15	1.15	1.15	1.04	1.04	1.04	0.93	0.93	0.93
Fosfato monocalcico (Biofos)	0.92	0.92	0.92	0.87	0.87	0.87	0.74	0.74	0.74
Metionina	0.06	0.06	0.06	0	0	0	0.06	0.06	0.06
Cloruro de sodio (sal común)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lisina	0.18	0.18	0.18	0.24	0.24	0.24	0.44	0.44	0.44
Premezcla Orgánica	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0
Premezcla Inorgánica	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0.8
Ractopamina (Paylean®)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(%)

MO: Minerales Orgánicos
MI: Minerales inorgánicos
RAC: Ractopamina.

7. ANEXOS