

Efecto de dos programas de alimentación sobre el desempeño y calidad de canal en cerdos de engorde

**Eduardo Samuel Garay Lagos
Orlando de Jesús Oliva Fuentes**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de dos programas de alimentación sobre el desempeño y calidad de canal en cerdos de engorde

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

Presentado por

**Eduardo Samuel Garay Lagos
Orlando de Jesús Oliva Fuentes**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Efecto de dos programas de alimentación sobre el desempeño y calidad de canal en cerdos de engorde

Eduardo Samuel Garay Lagos
Orlando de Jesús Oliva Fuentes

Resumen. Los consumidores se apegan a nuevas exigencias donde la industria porcina demanda una mayor proporción de músculo y menor grasa. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la dieta basada en núcleos desde su etapa de inicio hasta finalización con hidrocloreto de ractopamina 5 ppm. El estudio se realizó en la granja porcina y en la planta de cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se utilizaron 144 cerdos con cruces de razas Landrace, Yorkshire y Duroc, con un peso inicial de 11.3 ± 1.2 kg y un peso a cosecha de 108.5 ± 13.1 kg. Los tratamientos evaluados fueron: Núcleo INNOVO® con uso de hidrocloreto de ractopamina 5 ppm los últimos 22 días y el programa de alimentación de Zamorano. Se encontró un aumento sobre la ganancia diaria de peso ($P \leq 0.05$) del tratamiento Núcleo INNOVO® en Crecimiento 1 y Engorde Magro. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en el índice de conversión alimenticia (ICA) en las etapas de Inicio hasta Engorde. Se obtuvo diferencia ($P \leq 0.05$) en el tratamiento Núcleo INNOVO® que redujo el ICA en la etapa de finalización. El tratamiento Núcleo INNOVO® redujo el consumo alimenticio ($P \leq 0.05$) en las etapas de Desarrollo y Engorde Magro con respecto al control. El tratamiento Núcleo INNOVO® aumentó el rendimiento de canal caliente ($P \leq 0.05$) en 1.7%, redujo el espesor de grasa dorsal ($P \leq 0.05$) en 19% y aumentó el área de lomo ($P \leq 0.05$) en 9%. El programa evaluado demostró un aumento en la utilidad neta y un mayor daño pulmonar, atribuido a mayor incidencia de *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Palabras clave: Agonista beta-andrenérgico, daño pulmonar, núcleos, síntesis proteica.

Abstract: Consumers have new standards, the pork industry is searching animals with higher proportion of muscle and less fat. The objective of the study was to determine the effect of nucleus for fattening pigs from the initial to finishing stages using hydrochloride ractopamine 5 ppm. The study was conducted in the pig farm and meat plant in the Pan-American School of Agriculture, Zamorano. 144 pigs were used with Landrace, Yorkshire and Duroc crossbreeds. The pigs had an initial weight of 11.3 ± 1.2 kg and a sacrifice weight of 108.5 ± 13.1 kg. Treatments were: Nucleus INNOVO® with 68 pigs for sacrifice in 170 days and using hydrochloride ractopamine 5 ppm in the last 22 days. The control evaluated 76 pigs for sacrifice in 168 days. An increase effect was found ($P \leq 0.05$) in the daily gain weight of the nucleus INNOVO® treatment on initial and final stages. No differences were found ($P > 0.05$) in the gain: feed ratio from the initial to the fattening stages. The nucleus INNOVO® treatment improved gain: feed ratio at the finishing stage. Nucleus INNOVO® treatment reduced feed consumption ($P \geq 0.05$) in the development and fattening stages. The nucleus INNOVO® treatment improved hot carcass ($P \geq 0.05$) in 1.7%, reduced back fat thickness ($P \geq 0.05$) by 19 % and increased loin eye area ($P \geq 0.05$) in 9% compared to the control. The evaluated program increased net profit and had greater lung damage, attributed to an increased incidence of *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Key words: Beta adrenergic agonist, protein synthesis, lung damage, nucleus.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA	16

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Etapas en dos programas de alimentación para cerdos de engorde desde los 42 días de edad hasta la cosecha	4
2. Efecto de dos programas de alimentación sobre la ganancia diaria de peso en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha	6
3. Efecto de dos programas de alimentación sobre el consumo diario de alimento en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha	7
4. Efecto de dos programas de alimentación sobre el Índice de Conversión Alimenticia (ICA) en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha	8
5. Efecto sobre características de la canal en cerdos alimentados con dos programas de alimentación desde la etapa de inicio hasta la cosecha	9
6. Análisis de costos de alimentación con el programa de alimentación implementado en la Granja Porcina de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	11
7. Análisis de costos de alimentación con el programa de alimentación Núcleo INNOVO® implementado en la Granja Porcina de Zamorano	13
8. Análisis económico en la comparación de dos programas de alimentación implementado en la Granja Porcina de Zamorano.....	13
Figuras	Página
1. Daño en el pulmón izquierdo causado por <i>M. hyopneumoniae</i> en los dos programas de alimentación.....	11
2. Daño en el pulmón derecho causado por <i>M. hyopneumoniae</i> en los dos programas de alimentación.	11
3. Imagen del daño pulmonar en un 20% causado por <i>M. hyopneumoniae</i>	11
4. Imagen de pulmones sin presencia de daño pulmonar.....	11

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente para lograr una producción agropecuaria óptima se debe estar basado en el mercado, conformado por consumidores que se apegan a nuevas exigencias y obligan a los productores a ser más eficientes. Los mercados demuestran una tendencia marcada en una dieta saludable, como resultado de las estadísticas y previsiones de obesidad que son más mediáticas y alcanzan a todo consumidor que hace uso de un medio de comunicación. Aumentando por tanto su rango de influencia y concientizando a la mayoría de la población (IA 2014).

Para suplir una oferta en función a la demanda del mercado es necesario que el productor agropecuario tome las medidas necesarias que se apeguen a esta tendencia. La industria porcina ha sufrido varios cambios, donde ahora se demandan animales con mayor proporción de músculo y una menor cantidad de grasa. Es por eso que producir animales con buen rendimiento de canal, conformación y distribución de grasa forman parte de los modernos aspectos de comercialización (Rosales 2004). Así mismo, las tendencias marcan una demanda robusta de proteína animal sustentando un escenario favorable para los productores porcinos (Giacomozzi 2014).

Estas características son obtenidas a través del uso de fármacos como agentes anabólicos o métodos no genéticos para modificar el potencial de crecimiento de los animales. Un anabólico esteroide es cualquier compuesto o mezcla de compuestos que afectan la función metabólica del animal para incrementar la cantidad de proteína corporal. Entre estos anabólicos se encuentran los agonistas Beta adrenérgicos, secretados por la médula adrenal y las terminaciones nerviosas simpáticas (Bavera 2002). Al administrar los agonistas Beta adrenérgicos en forma oral a cerdos se obtiene un incremento en la masa muscular, debido a que el crecimiento postnatal del musculo esquelético es principalmente resultado de una hipertrofia y se espera obtener un incremento en la síntesis proteica, una disminución en la degradación proteica o una combinación de ambos efectos para estimular el incremento en la masa muscular (Mersmman 1998).

El agonista Beta andrenérgico utilizado en la producción porcina conocido como hidrocloreuro de ractopamina es el único producto de su naturaleza, aprobado por la oficina de Administración de Alimentos y Drogas (FDA, por sus siglas en inglés) y por el Centro de Medicina Veterinaria (CMV, por sus siglas en ingles), para el uso en cerdos en los Estados Unidos de América. El producto no tiene efectos en la salud humana ni sobre las características de la carne como sabor, olor, consistencia o jugosidad (EAH 2001). El uso del fármaco mejora características productivas en el crecimiento para cerdos de engorde y parámetros de calidad en canal (Hinson et al. 2011). Por lo que se utiliza como herramienta

para incrementar márgenes de utilidad, mejorar eficiencia y porcentaje de carne magra para consumo en la industria porcina (Betts 2011).

El hidrocloreuro de ractopamina es considerado una fenetanolamina que se clasifica por un anillo aromático enlazado a una cadena de etanolamina. Esta estructura permite a la fenetanolamina desarrollar su actividad biológica como un neurotransmisor. El compuesto es considerado un agonista Beta adrenergico-1 selectivo, significando que el modo de acción ocurre principalmente en los receptores Beta adrenergicos 1. Los receptores Beta adrenergicos-1 son los receptores primarios para la formación de tejidos en el cerdo, englobando un 80% de receptores para tejido adiposo, 72% para el corazón, 65% para los pulmones, 60% para musculo esquelético y 50% para el hígado (Mills 2002). Denotando el efecto que el compuesto tiene sobre la composición de músculo: grasa al ser administrado para mejorar características productivas en el cerdo.

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de una dieta basada en núcleos para cerdos de engorde desde su inicio hasta la etapa de finalización con el uso de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm, para evaluar su efecto sobre la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y su efecto en características de canal como espesor de grasa dorsal, área de lomo y rendimiento de canal caliente. Realizar un análisis de la relación costo-beneficio de utilizar la dieta basada en núcleos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El estudio se realizó en la granja porcina educativa y en la planta de cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, durante los meses de febrero a julio a 30 km de Tegucigalpa, Honduras, ubicado a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación de 1100 mm por año, una temperatura promedio de 24°C y una altura de 800 msnm.

Unidad experimental: Se utilizaron 144 cerdos desde la etapa de inicio (42 días de edad) hasta la cosecha (170 días de edad) con cruces de las razas Landrace, Yorkshire y Duroc. Se utilizó un peso inicial de 11.3 ± 1.2 kg y un peso de cosecha de 108.5 ± 13.1 kg.

Alojamiento: Los cerdos se alojaron durante la etapa de inicio (hasta el día 70 de edad) en un edificio de destete con corrales de piso ranurado de plástico elevados a 60 cm del piso de concreto con una dimensión de 2×3 m, bebederos automáticos de chupetes y alimentadores de tolva. Para el engorde se trasladaron a corrales de piso de cemento (3×5 m), con comederos automáticos tipo tolva, drenaje lateral y bebederos de chupete automáticos.

Tratamientos: Los tratamientos evaluados fueron:

Núcleo INNOVO®: Se utilizaron 68 cerdos alimentados a partir de la etapa de inicio a los 42 días de edad hasta cosecha con 170 días de edad. En los últimos 22 días en la etapa de engorde magro se utilizó hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm (Cuadro 1).

La inclusión de los núcleos y la ractopamina se realizó a través de una pre mezcla (Núcleo INNOVO®) que es estipulada por la casa comercial.

Cuadro 1. Etapas en dos programas de alimentación para cerdos de engorde desde los 42 días de edad hasta la cosecha.

Tratamiento	Etapa	Nombre de Etapa	IDE	DE
Núcleo INNOVO®	1	Inicio	42-60	18
	2	Crecimiento 1	61-84	23
	3	Crecimiento 2	85-105	20
	4	Desarrollo	106-126	20
	5	Engorde	127-147	20
	6	Engorde magro*	148-170	22
Control	1	Inicio	42-70	28
	2	Crecimiento	71-105	35
	3	Desarrollo	106-141	35
	4	Final	142-168	28

*: Inclusión de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm

IDE: Intervalo de Días por Etapa

DE: Días por Etapa

Control: Se utilizaron 76 cerdos sometidos al programa de alimentación de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Empleada desde la etapa de inicio a los 42 días de edad hasta su etapa de finalización para llevar a cosecha con 168 días de edad. La dieta no incluye hidrocloreuro de ractopamina en su etapa final (Cuadro 1).

Los cerdos sometidos a ambos tratamientos fueron pesados al finalizar cada Intervalo de Días por Etapa de la dieta Núcleo INNOVO® (Cuadro 1) para obtener una comparación sincronizada de la dieta evaluada y la fisiología del cerdo con respecto al control.

Calidad de canal: Para la evaluación de los cerdos en calidad de canal se utilizaron 45 cerdos del programa de alimentación Zamorano y 49 cerdos de la dieta Núcleo INNOVO® como muestra representativa de los tratamientos.

Variables evaluadas:

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

Consumo diario de alimento (g/día): El alimento se ofreció *ad-libitum*, pesando lo ofrecido diariamente y el rechazo al final de cada periodo de evaluación.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA): Se aplicó la fórmula 1 que relaciona el consumo de alimento por animal con la ganancia de peso diaria.

$$\text{ICA: } \frac{\text{Consumo diario de alimento}}{\text{Ganancia diaria de peso}} [1]$$

Peso final (kg): Se pesaron los cerdos el día de la cosecha.

Rendimiento en canal caliente (RCC): Se pesaron las canales 2 horas después de la cosecha, donde no se incluye la cabeza, patas y viseras. Se utilizó la fórmula 2:

$$\text{RCC: } \frac{\text{Peso canal caliente}}{\text{Peso vivo}} [2]$$

Espesor de grasa dorsal (cm): Se midió con un pie de rey a la altura de la décima costilla, 24 horas después del sacrificio a 48 cerdos por tratamiento.

Área de lomo (cm²): Se midió 24 horas después del sacrificio a la altura de la décima costilla a 48 cerdos por tratamiento, mediante el método de la Universidad de Illinois (hoja de acetato cuadrículada).

Daño pulmonar: Se realizó mediante observación a 28 cerdos por tratamiento. Se obtuvieron los pulmones por muestra para posteriormente observarlos en una mesa metálica. A ambos pulmones se les asignaron categorías de 0-20%, 20-40% y de 40-60% expresadas en función al daño observado, denotando un color morado pronunciado a comparación con los pulmones normales.

Diseño experimental y Análisis Estadístico:

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con dos tratamientos y tres repeticiones donde la unidad experimental fue representada por cada tolva que suplió a dos corrales.

El análisis estadístico se realizó por el Análisis de Varianzas (ANDEVA) y una separación de medias con la prueba TUKEY. Las variables porcentuales fueron transformadas con la función arc-seno y se analizaron los resultados con el programa Statistical Analysis System 9.4 (SAS 2013) con un nivel de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia diaria de peso: No se encontró diferencia en la etapa 1 ($P>0.05$) en la ganancia diaria de peso entre los cerdos alimentados con la dieta Núcleo INNOVO® y el control (Cuadro 2), lo cual concuerda con los ensayos realizados por García et al. (2014) donde no obtuvo efecto en los lechones post-destete al ser alimentados con una dieta basada en núcleos durante la etapa de inicio, con una ganancia diaria de peso de 260 g en un periodo de 21 días. Al comparar las dietas desde la etapa 3 hasta la 5 no se encuentra una diferencia ($P>0.05$). Estos datos no concuerdan con el estudio realizado por Quintana (2005) donde se encontraron diferencias y reportó una ganancia diaria de peso promedio de 628 g en cerdos con un peso a la cosecha de 89.1 kg al utilizar dietas constituidas con núcleos proteicos de vitaminas y minerales evaluado durante un periodo desde la etapa de crecimiento hasta finalización.

Cuadro 2. Efecto de dos programas de alimentación sobre la ganancia diaria de peso en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha.

Tratamiento	Ganancia de peso g/día por etapa					
	1 ^(NS)	2 [*]	3 ^(NS)	4 ^(NS)	5 ^(NS)	6 [*]
Núcleo INNOVO®	499.2	603.3 ^a	742.2	785.6	819.0	1012.0 ^a
Control	510.9	738.2 ^b	854.6	849.8	962.1	675.9 ^b
CV (%)	12.2	3.8	7.2	6.3	17.3	1.0
DE	61.8	25.7	57.1	51.3	154.5	8.8

1: Inicio, 2: Crecimiento 1, 3: Crecimiento 2, 4: Desarrollo, 5: Engorde, 6: Engorde Magro
 *: Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($P\leq 0.05$)

NS: No existe diferencia entre tratamientos

CV: Coeficiente de Variación

DE: División Estándar

Al evaluar las dietas en la etapa 2, se demostró una menor ganancia diaria de peso con respecto al control ($P\leq 0.05$) donde tampoco concuerda con los datos reportados por Quintana (2005) quien afirma un aumento en la ganancia diaria de peso durante toda la fase de engorde. Se encontró un incremento de 337 g en la ganancia diaria de peso ($P\leq 0.05$) en la etapa 6 de los cerdos alimentados con Núcleo INNOVO® al ser comparado con el control donde esto se atribuye al uso de hidrocloreuro de ractopamina. La evaluación de esta etapa va de acorde a los datos encontrados por Webster et al. (2007) donde demostraron una ganancia diaria de peso de 1109 g en la etapa de finalización con una duración de 28 días y

una inclusión en la dieta de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm y 0.8% de lisina dietética, para llevar a cerdos de cosecha con un peso de 92.8 kg.

Consumo diario de alimento: No se encontró diferencia ($P>0.05$) en el consumo diario de alimento desde las etapas 1 hasta la 5 con excepción de la etapa 4 donde se encontró una reducción en consumo de alimento ($P\leq 0.05$) en los cerdos alimentados con la dieta a base de núcleos de 348.1 g (Cuadro 3). Estos resultados no concuerdan con los datos obtenidos por García et al. (2014) donde la suplementación con núcleos en la dieta durante la etapa de inicio aumentó el consumo diario de alimento entre tratamientos, obteniendo un valor de 403 g durante la etapa de inicio en lechones durante un periodo de 21 días y con peso inicial de 5.92 kg. Los resultados a partir de la etapa 2 hasta la 5, exceptuando la etapa 4 no concuerdan con estudios realizados por Mederos (2007) que al utilizar dietas basadas en núcleos proteicos de vitaminas y minerales en cerdos de 21 kg de peso inicial hasta su cosecha con peso de 100 kg, encontró una reducción en consumo diario de alimento promedio de 2582 g. Al analizar la etapa 6 se mostró una reducción ($P\leq 0.05$) de 543 g con respecto al control donde estos resultados concuerdan con el ensayo realizado por Carr et al. (2005) donde se encontró que los cerdos que se les suministro hidrocloreuro de ractopamina 10 ppm en su etapa de finalización con un peso a cosecha de 111.8 kg y durante un periodo de 28 días mostraron una disminución en 250 g de consumo diario de alimento comparados con aquellos que no se les suministró. Este resultado también concuerda con Ochoa (2007) quien reportó una reducción en el consumo diario de alimento con respecto a su control de 595.3 g al utilizar Nutrotal[®] como fuente de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm durante 21 días en la etapa de finalización para cerdos de engorde con un peso a cosecha de 111.7 ± 2 kg.

Cuadro 3. Efecto de dos programas de alimentación sobre el consumo diario de alimento en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha.

Tratamiento	Consumo de alimento g/día por etapa					
	1 ^(NS)	2 ^(NS)	3 ^(NS)	4 [*]	5 ^(NS)	6 [*]
Núcleo INNOVO [®]	844.2	1308.6	1775.3	2226.8 ^a	2591.5	2616.6 ^a
Control	768.4	1595.3	2228.2	2574.9 ^b	3057.8	3159.2 ^b
CV (%)	8.7	12.7	7.2	3.3	7.5	4.0
DE	70.3	183.9	143.8	79.5	211.5	114.4

1: Inicio, 2: Crecimiento 1, 3: Crecimiento 2, 4: Desarrollo, 5: Engorde, 6: Engorde Magro

*: Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($P\leq 0.05$)

NS: No existe diferencia entre tratamientos

CV: Coeficiente de Variación

DE: Desviación Estándar

Índice de conversión Alimenticia (ICA): Se encontró diferencia ($P \leq 0.05$) en la etapa 6 en los cerdos alimentados con la dieta Núcleo INNOVO[®], con un aumento en eficiencia alimenticia del 81% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de dos programas de alimentación sobre el Índice de Conversión Alimenticia (ICA) en cerdos desde la etapa de inicio hasta la cosecha.

Tratamiento	Índice de Conversión Alimenticia (ICA) por etapa					
	1 ^(NS)	2 ^(NS)	3 ^(NS)	4 ^(NS)	5 ^(NS)	6 [*]
Núcleo INNOVO [®]	1.7	2.2	2.4	3.0	3.2	2.6 ^a
Control	1.5	2.2	2.6	2.8	3.2	4.7 ^b
CV (%)	5.4	16.3	2.9	4.9	10.4	3.7
DE	0.1	0.4	0.1	0.1	0.3	0.1

1: Inicio, 2: Crecimiento 1, 3: Crecimiento 2, 4: Desarrollo, 5: Engorde, 6: Engorde Magro
*: Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$)

NS: No existe diferencia entre tratamientos

CV: Coeficiente de Variación

DE: Desviación Estándar

Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por García et al. (2014) donde no se presentó una diferencia entre tratamientos al suplementar lechones con núcleos durante su periodo de inicio obteniendo un ICA de 2.16 evaluado en un periodo de 21 días. Al evaluar las etapas 2 a 5 se encuentra que concuerdan con los resultados encontrados en el ensayo de Mederos (2007) donde los mejores valores de conversión alimenticia se obtuvieron para los animales pertenecientes a los tratamientos suplementados con núcleos proteicos de vitaminas y minerales pero estos no mostraron diferencia con los cerdos del tratamiento control. Al evaluar la etapa 6 donde se utilizó el hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm los resultados concuerdan con el estudio realizado por Carr et al. (2005) donde se demostró que el uso del hidrocloreuro de ractopamina en cerdos durante su etapa de finalización bajo periodos de 28 días tienen una mejora en el ICA de 17.2%, denotando una mayor eficiencia alimenticia al ser comparados con el control. Este resultado también concuerda con el ensayo realizado por Ochoa (2007) quien demostró una mejora en el ICA de 33% comparado con su control al utilizar Nutrotal[®] como fuente de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm durante 21 días en la etapa de finalización para cerdos de engorde.

Peso final: Los cerdos alimentados con el programa de alimentación Zamorano presentaron un mayor peso de cosecha ($P \leq 0.05$) que los cerdos alimentados con el programa de alimentación basado en núcleos (Cuadro 5). Estos datos no concuerdan con los ensayos obtenidos por Webster et al. (2007) donde los cerdos alimentados con hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm con la adición de lisina dietética 1.2% obtuvieron un incremento en peso al sacrificio de 1.9 kg con respecto al control. Este resultado tampoco concuerda con el estudio realizado por Betts (2011) que demostró un aumento de peso al sacrificio en cerdos de 2 kg con respecto al control utilizando hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm administrado durante la etapa de finalización por 28 días.

Cuadro 5. Efecto sobre el peso de cosecha y las características de canal en cerdos alimentados con dos programas de alimentación desde la etapa de inicio hasta la cosecha.

Tratamiento	PF* (kg)	RCC (%)*	EGD (cm)*	AL (cm ²)*
Núcleo INNOVO®	104.3 ^a	72.1 ^a	2.2 ^a	21.0 ^a
Control	112.3 ^b	70.9 ^b	2.7 ^b	19.4 ^b
CV (%)	10.7	2.2	2.2	11.3
DE	11.6	1.6	0.6	2.3

*: Números con letras diferentes en la misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$)

PF: Peso final

RCC: Rendimiento de canal caliente

EGD: Espesor de grasa dorsal

AL: Área de Lomo

CV: Coeficiente de variación

Rendimiento de canal caliente: La adición de la dieta Núcleo INNOVO® con el uso de hidrocóloruro de ractopamina 5 ppm presentó diferencia ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de canal caliente con un aumento de 1.2 % sobre el control (Cuadro 5). Estos datos concuerdan con la investigación desarrollada por Salazar (2007) donde encontró que al utilizar MAGGRO® (Ractopamina y L-Carnitina) en la alimentación de cerdos durante cuatro semanas a partir de la semana 20 de edad el rendimiento en canal aumentó un 1.8% con respecto al control. Aunque estos datos no concuerdan con respecto a Ochoa (2007) donde en su experimento demostró que la adición de ractopamina a 5ppm durante la etapa de finalización y después de la semana 20 de edad no muestra diferencia significativa al utilizar Paylean® y Nutrotal® como fuentes de ractopamina en comparación a su control. Esto se atribuye a que el porcentaje de

Espesor de grasa dorsal: El uso de hidrocóloruro de ractopamina 5ppm en la dieta Núcleo INNOVO® redujo la deposición de grasa dorsal ($P \leq 0.05$) en un 19% con relación al control (Cuadro 5). Esta observación va de acorde a los resultados encontrados por Webster et al. (2007) en donde encontró resultados significativos al alimentar cerdos con lisina 1.2% y ractopamina 5ppm en la etapa de finalización causaron una disminución en grasa dorsal del 6% con un peso de sacrificio de 108 kg. Esto se atribuye a que el hidrocóloruro de ractopamina activa directamente los receptores beta-andrenérgicos para adipocitos que promueven la hidrólisis de triglicéridos lo que dirige a una menor acumulación lipídica. El efecto de la secreción en grasa de cerdos no siempre puede ser constantemente reducida como efecto de una baja regulación de los receptores beta-andrenérgicos (Mills 2002).

Estos resultados indican que incluir ractopamina en la dieta de Núcleo INNOVO® para cerdos tiene efectos significativos en la reducción del espesor de grasa dorsal, lo cual no aplica según resultados obtenidos por Romero et al. (2016) en el uso de hidrocóloruro de ractopamina 20 ppm en corderos durante un periodo de 15 días donde no existió ningún efecto sobre la reducción de la grasa dorsal.

Área de lomo: La adición de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm durante la etapa de finalización en la dieta Núcleo INNOVO® incrementó ($P \leq 0.05$) el área de lomo en un 8% comparado con su control (Cuadro 5). Este resultado concuerda con la investigación realizada por Ochoa (2007) donde encontró un aumento de 12.5% sobre el área de lomo al adicionar ractopamina 5 ppm de cualquiera de las dos fuentes utilizadas, Paylean® o Nutrotal®. Los resultados también van de acuerdo a los obtenidos en el ensayo de Webster et al. (2007) donde al utilizar hidrocloreuro de ractopamina y lisina 1.2% en cerdos con un peso a sacrificio de 108 kg obtuvo un incremento de 4% en área de lomo en relación al control.

Estos datos también concuerdan con los reportados por Romero et al. (2016) que al utilizar la ractopamina 20 ppm en corderos durante un periodo de 15 días se obtuvo un aumento de 14% en el área de lomo. Estos resultados se atribuyen a que el uso de hidrocloreuro de ractopamina aumenta consistentemente la proteína muscular en cerdos. Las respuestas son máximas durante la primera semana y declinan a cero entre la semana 4 y 6. La evidencia muestra que el aumento en área de lomo se debe a una mayor síntesis proteica y disminución en la degradación de proteínas (Mills 2002).

Daño pulmonar: Se observó que los cerdos bajo la dieta Núcleo INNOVO® presentaron un mayor daño en el pulmón izquierdo y derecho a comparación del control (Figura 1 y 2). Esto se atribuye a que la dieta Núcleo INNOVO® tiene un plan de medicación diferente al del control, donde se aplica durante la etapa 2 (Crecimiento 1), provocando una mayor vulnerabilidad a la bacteria *Mycoplasma hyopneumoniae* presente en los cerdos de la granja porcina y provocando una tendencia a afectar el desarrollo normal de los cerdos bajo este tratamiento durante las etapas evaluadas.

La bacteria *M. hyopneumoniae* causa la neumonía enzoótica porcina, principal enfermedad respiratoria en cerdos. Conocer su diversidad genética permite el desarrollo de estudios epidemiológicos y de patogénesis para desarrollar estrategias de control más efectivas. La neumonía enzoótica es una enfermedad muy grave en los cerdos ya que provoca crecimiento desigual dentro de la camada, problemas de desarrollo, dificultad respiratoria y mortalidad la que se puede transmitir físicamente entre cerdos. Se empieza a adquirir desde la semana 6 de edad de los lechones en adelante, pero en general se disemina lentamente y muchos cerdos no evidencian la enfermedad hasta que tienen 3 meses de edad. Las únicas formas de identificarla es por medio de la tos que tiene los cerdos y a través de una coloración purpura en los pulmones a la cosecha (Carranza 2006).

El área afectada en el pulmón derecho como izquierdo es el lóbulo apical (craneal). Según el daño observado en los pulmones causados por la *M. hyopneumoniae*, donde la dieta Núcleo INNOVO® presentó mayor daño en el pulmón izquierdo donde no concuerda con la fisiología del cerdo, ya que el pulmón derecho junto con los bronquios están más propensos a ser afectados por enfermedades por su posición en el sistema respiratorio. El pulmón derecho es más grande y está posicionado levemente un poco más arriba que el pulmón izquierdo (Sisson et al. 1982)

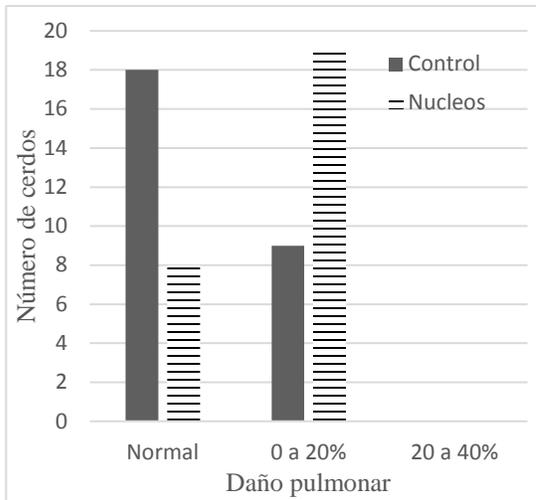


Figura 1. Daño en el pulmón izquierdo causado por *M. hyopneumoniae* en los dos programas de alimentación.

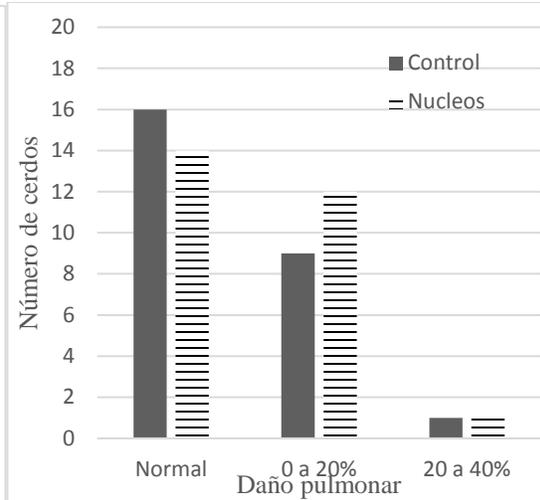


Figura 2. Daño en el pulmón derecho causado por *M. hyopneumoniae* en los dos programas de alimentación.

El daño que se observó (Figura 3) se ubica fisiológicamente en el lóbulo apical del segmento craneal y caudal de los pulmones. Los pulmones normales no mostraron ninguna coloración morada prominente indicando daño (Figura 4).



Figura 3. Imagen del daño pulmonar en un 20% causado por *M. hyopneumoniae*



Figura 4. Imagen de pulmones sin presencia de daño pulmonar

Análisis de costos de alimentación:

El costo de alimento normalmente en una granja porcina es de 70 a 80% de los costos totales, cuando se es más eficiente en estos costos se obtiene una mayor rentabilidad en la granja (Castillo 2006).

Cuadro 6. Análisis de costos de alimentación con el programa de alimentación implementado en la Granja Porcina de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Etapa	CA/Etapa (kg)	Costo/kg (\$)	Costo/cerdo/etapa (\$)
Inicio	13.80	0.60	8.29
crecimiento	36.70	0.51	18.80
crecimiento	44.60	0.51	22.83
desarrollo	51.50	0.42	21.51
desarrollo	61.10	0.42	25.54
final	63.20	0.40	25.46
Total	270.90		122.44

CA: Consumo Alimenticio

Tasa de cambio Lempira L.23.15 / US\$ 1

Se obtuvo un costo de US\$ 122.44 por cerdo producido utilizando el programa de alimentación Zamorano. Se puede observar que la etapa más costosa en función al consumo alimenticio es la etapa desarrollo con un costo de US\$ 25.54. Se identificó la etapa de inicio como el costo más elevado por kilogramo de alimento con US\$ 0.60 (Cuadro 6).

El costo de alimentación en la etapa de inicio para el programa Núcleo INNOVO® es inferior al utilizado como control, con una diferencia en precio por kilogramo de US\$ 0.08. La etapa de engorde magro es la más costosa con US\$ 26.03 donde considerando un costo por kilogramo de alimento mayor de US\$ 0.05, muestra una tendencia similar al control por la reducción en consumo de alimento con 5.63 kg por cerdo durante la etapa de finalización. El costo total en alimentación para engorde de cerdos utilizando la dieta Núcleo INNOVO® logra una disminución en US\$ 16.05 con respecto al control (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de costos de alimentación con el programa de alimentación Núcleo INNOVO® implementado en la Granja Porcina de Zamorano

Etapa	CA/ETAPA (kg)	Costo/kg (\$)	Costo/cerdo/etapa (\$)
inicio	15.20	0.52	7.88
crecimiento 1	30.10	0.48	14.50
crecimiento 2	35.51	0.46	16.36
desarrollo	44.54	0.45	19.78
engorde	51.83	0.42	21.83
engorde magro	57.57	0.45	26.03
Total	234.73		106.38

CA: Consumo Alimenticio

Tasa de cambio Lempira L.23.15 / US\$ 1

El uso del programa de alimentación Núcleo INNOVO® generó un incremento de US\$ 1.8 (Cuadro 8) en la utilidad neta por cerdo en comparación al programa de alimentación Zamorano. La dieta Núcleo INNOVO® presentó 8 kg menos en peso final con respecto al control, pero mejora el rendimiento en canal caliente, disminuye costos y aumenta la utilidad neta obtenida por cerdo. Al proyectar la producción anual esta representa una oportunidad para la granja porcina Zamorano y los productores dedicados a este rubro.

Cuadro 8. Análisis de la utilidad sobre los costos de alimentación, en la comparación de dos programas de alimentación implementados en la Granja Porcina de Zamorano

Tratamiento	PC (kg)	IB (\$)	CA (\$)	UA (\$)
Núcleo INNOVO®	75.2	243.0	106.4	136.6
Control	79.6	257.3	122.4	134.8

PC: Peso en Canal Caliente

IB: Ingreso Bruto

CA: Costo de Alimentación

UA: Utilidad sobre costos de alimentación

Precio por kg en canal US\$ 3.23

Tasa de cambio Lempira L.23.15 / US\$ 1

La utilidad neta estimada en el análisis financiero incurre únicamente en los costos de alimentación para ambas dietas de engorde.

4. CONCLUSIONES

- Al utilizar el programa de alimentación Núcleo INNOVO[®] se obtiene una reducción en consumo alimenticio en las etapas 4 (Desarrollo) y 6 (Engorde Magro).
- La dieta Núcleo INNOVO[®] mostró un aumento en la ganancia diaria de peso durante las etapas 2 (Crecimiento 1) y 6 (Engorde Magro).
- Los cerdos alimentados con Núcleo INNOVO[®] con inclusión de hidrocloreuro de ractopamina 5 ppm en la etapa 6 (Engorde Magro) presentaron un mejor Índice de Conversión Alimenticia (ICA) con respecto a los del control.
- El uso de Núcleo INNOVO[®] en cerdos aumentó el rendimiento en canal caliente y el área de lomo y se redujo el espesor de grasa dorsal.
- Los cerdos alimentados con la dieta Núcleo INNOVO[®] presentaron un mayor daño en los pulmones, provocado por *M. hyopneumoniae*.
- La implementación del programa Núcleo INNOVO[®] genera una reducción en costo de alimentación y un aumento en la utilidad sobre costos de alimentación percibida por cerdo cosechado.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el plan de medicamento de la dieta Núcleo INNOVO® para obtener un mejor control sobre enfermedades como la neumonía enzootica causada por la *M. hyopneumoniae* que pueden afectar el crecimiento normal de los cerdos durante las seis etapas de desarrollo evaluadas.
- Implementar el uso de la dieta Núcleo INNOVO® en la granja porcina Zamorano con el fin de mejorar características productivas y de canal que permitirán una mayor utilidad.
- Evaluar el efecto del hidrocloreuro de ractopamina con un periodo de alimentación mayor a 22 días y con mayor concentración.

6. LITERATURA CITADA

- Bavera G. 2002. Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo: cursos de producción bovina de carne, Universidad Nacional de Río Cuarto. 5 p.
- Betts. 2011. Effect of feeding ractopamine on growth performance, carcass composition, muscle quality, and cortisol concentration in purebred Berkshire swine [Tesis]. The Ohio State University. 118 p.
- Camacho. 2013. Calidad e Importancia de la Carne Porcina. Médico Veterinario Universidad Mayor de San Marcos, Perú [consultado 2016 oct 2]. <http://asdopen.unmsm.edu.pe/files/Articulo3-1.pdf>
- Carr SN, Rincker PJ, Killefer J, Baker DH, Ellis M, McKeith FK. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J Anim Sci.* 8 p.
- Carranza A. 2006. Neumonía Enzoótica Porcina: Dpto. de Patología Animal y Fac. de Agronomía y Veterinaria UNRC. Río Cuarto [consultado 2016 ago 10]. www.produccionanimal.com.ar.
- Castillo R. 2006. Producción de Cerdos. Primera edición. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Honduras): Zamorano Academic Press. 89 p.
- EAH (Elanco Animal Health). 2001. Technical Manual from Paylean Mode of action: Division of Eli Lilly and Company. Indianapolis.
- García RF, Hernández K, Kawas JR, Salinas J, Vega A, Ruiloba MH, Fimbres H. 2014. Efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la alimentación de cerdos post-destete. *Rev Cient FCV-LUZ.* 24(1):29–37.
- Giacomozzi C. 2014. Mercado porcino: Coyuntura Internacional y Efectos en el Mercado Interno Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Chile: ODEPA; [consultado 2016 ago 18]. www.odepa.gob.cl
- Hinson RB, Wiegand BR, Ritter MJ, Allee GL, Carr SN. 2011. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *J Anim Sci.* 89(11):3572–3579.

- IA (Industria Alimenticia). 2014. Tendencias globales de productos y consumo. México. 25(4):14–23.
- Mederos CM. 2007. Utilización de diferentes niveles del subproducto cubano del trigo en dietas basadas en NUPROVIM y miel de caña de azúcar para cerdos en crecimiento-ceba. Encuentro de nutrición y producción de animales monogástricos. Uruguay: Centro Regional Sur-Facultad de Agronomía.
- Mersmman. 1998. Overview of the effects of the B-andrenérgicos agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim Sci.*
- Mills SE. 2002. Biological basis of the ractopamine response. *J Anim Sci.*
- Ochoa E. 2007. Evaluación de dos fuentes de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 25 p.
- Quintana R. 2005. Utilización de la tecnología de núcleos protéicos, vitamínicos y minerales para cerdos en ceba en granjas agropecuarias del MININT [Tesis]. Instituto de Investigaciones Porcinas-Cuba.
- Romero AM, Herrera JG, Pinos JM, García JC, Gama R, González SS. 2016. Effects of Ractopamine Hydrochloride on Growth Performance and Carcass Characteristics in Wool and Hair Lambs. *Italian J Anim Sci.*
- Rosales PE. 2004. Efecto de Paylean® sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 30 p.
- Salazar JL. 2007. Efecto de la L – carnitina y de la ractopamina sobre el rendimiento y la calidad de la canal en cerdos [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 26 p.
- SAS (Statistical Analysis Institute Inc). 2013. Statistical Analysis System 9.4 for Windows Standard version users Guide.
- Sisson S, Grossman JD, Getty R, Ghoshal NG, Hillmann D, Rosenbaum CE. 1982. Anatomía de los animales domésticos. 5a ed. Barcelona: Salvat.
- Webster MJ, Goodband RD, Tokach MD, Nelssen JL, Dritz SS, Unruh JA, Brown KR, Real DE, Derouchey JM, Woodworth JC. 2007. Interactive Effects Between Ractopamine Hydrochloride and Dietary Lysine on Finishing Pig Growth Performance, Carcass Characteristics, Pork Quality, and Tissue Accretion¹. *The Professional Animal Scientist.*