



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCLORURO DE RACTOPAMINA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE CERDOS, PARROQUIA JUAN MONTALVO, CAYAMBE”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero en Agropecuaria**

**AUTORA:**

**ARIAS SANDOVAL ANGELICA MERCEDES**

**DIRECTOR:**

**Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.**

**Ibarra, febrero, 2018**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA EN AGROPECUARIA

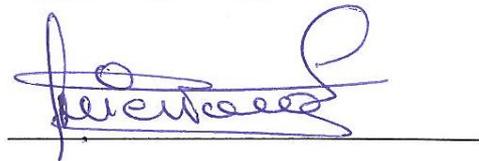
## “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCLORURO DE RACTOPAMINA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE CERDOS, PARROQUIA JUAN MONTALVO, CAYAMBE”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

### INGENIERO EN AGROPECUARIA

**APROBADO:**

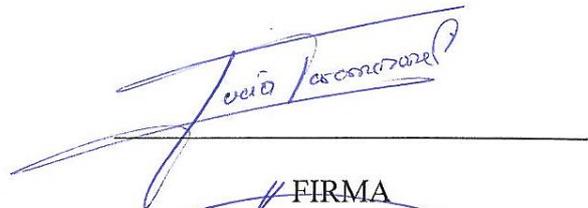
Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.



FIRMA

**DIRECTOR**

Dra. Lucía Toromoreno MSc.



FIRMA

**MIEMBRO TRIBUNAL**

Dr. Manly Espinosa MSc.



FIRMA

**MIEMBRO TRIBUNAL**

Dr. Tito Mendoza MSc.



FIRMA

**MIEMBRO TRIBUNAL**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formatos digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión en la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
Cédula de identidad:	1727464834	
Apellidos y nombres:	Arias Sandoval Angélica Mercedes	
Dirección:	Cayambe	
Email:	<a href="mailto:angearias.2912@gmail.com">angearias.2912@gmail.com</a>	
Teléfono:	2364-111	Celular :099848958

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título:	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCLORURO DE RACTOPAMINA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE CERDOS, PARROQUIA JUAN MONTALVO, CAYAMBE”
Autor:	Arias Sandoval Angélica Mercedes
Fecha:	Febrero 2018
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ing. Agropecuaria
Director:	Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.

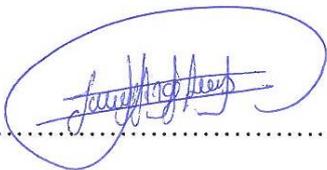
## 2. AUTORIZACIÓN DE USO FAVORABLE DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Arias Sandoval Angélica Mercedes con cédula de identidad Nro. 1727464834, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

## 3. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se a desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

LA AUTORA:



Arias Sandoval Angélica Mercedes

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Arias Sandoval Angélica Mercedes, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Aragón Esparza', written over a horizontal line.

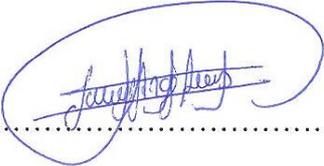
Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero del 2018.



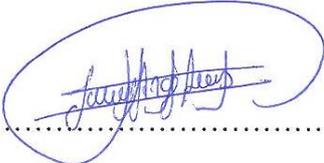
Firma

Angélica Arias Sandoval

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Arias Sandoval Angélica Mercedes, con cédula de identidad Nro.1727464834, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCLORURO DE RACTOPAMINA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE CERDOS, PARROQUIA JUAN MONTALVO, CAYAMBE**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Agropecuaria en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero del 2018



Firma

Angélica Arias Sandoval.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA - UTN

**Fecha:** 22 de febrero del 2018

Arias Sandoval Angélica Mercedes: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCLORURO DE RACTOPAMINA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN DE CERDOS, PARROQUIA JUAN MONTALVO, CAYAMBE.** /Trabajo de titulación.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, 22 de febrero del 2018.  
93páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de hidrocloreuro de ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo en la etapa de finalización. Entre los objetivos específicos se encuentran: Medir el efecto de hidrocloreuro de ractopamina sobre, el consumo de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia en cerdos en la etapa de finalización. Evaluar los niveles de grasa dorsal de cerdos a través de un método de ecografía doppler. Realizar el análisis de beneficio costo para determinar la rentabilidad del producto.

## AGRADECIMIENTO

*Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. Les doy gracias a mis queridos padres Pablo y Angélica por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un gran ejemplo de vida a seguir.*

*Agradecimiento Sincero, a mi director de tesis Ing. Miguel Aragón, a mis asesores; Dr. Manly Espinosa, Dr. Tito Mendoza, Dra. Lucía Toromoreno, así como también a la Ing. Karina Albuja e Ing. Magali Cañarejo por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos científicos, de igual manera gracias por la paciencia, tiempo, y recomendaciones brindadas, para culminar con éxito el trabajo de titulación*

*Mi agradecimiento también va dirigido al Gerente Propietario del rancho “San Vicente” el Ing. Luis Maldonado por haber aceptado que se realice mi tesis en su prestigiosa granja y para finalizar, también agradezco todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.*

*Angélica Arias*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento*

*A mis padres Pablo Arias y Angélica Sandoval, por ser el pilar fundamental en mi vida, por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mis hermanos Pablo y Cristian, quienes siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo. A mí querido Jefferson quién ha sabido estar en los momentos difíciles, por todo su apoyo incondicional en la realización de este trabajo. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su ayuda, así como también por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional y en general este trabajo está dedicado a las personas que siempre me han apoyado en la continua búsqueda de la superación personal y el éxito profesional.*

*Angélica Arias*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 <i>Objetivo general:</i> .....	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	3
1.5 Hipótesis.....	3
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO</b> .....	4
2.1 Generalidades .....	4
2.2 Raza de cerdo Landrace.....	4
2.3 Raza de cerdo Pietrain .....	5
2.4 Beneficios del cruce de la raza Landrace con Pietrain .....	5
2.5 Alimentación de los cerdos .....	6
2.5.1 <i>Mezcla de los alimentos.</i> .....	7
2.6 Etapa de finalización de los cerdos .....	7
2.6.1 <i>Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de finalización</i> .....	9
2.7 Hidrocloruro de Ractopamina .....	9
2.7.1 <i>Modo de acción</i> .....	11
2.7.2 <i>Forma de administración</i> .....	12
2.7.3 <i>Residualidad de la ractopamina en canales de cerdos sacrificados</i> .....	13
2.8 Análisis y características de la canal. ....	13
2.8.1 <i>Peso de la canal.</i> .....	14
2.9 Espesor de grasa dorsal. ....	14

2.9.1 Metodología para la evaluación del espesor de la grasa dorsal por el método de ultrasonido.....	15
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
3.1 Caracterización del área de estudio.....	18
3.1.1 Ubicación geográfica.....	18
3.1.2. Características climáticas.....	18
3.2 Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas.....	19
3.2.1. Materiales de campo.....	19
3.2.2 Materiales biológicos.....	19
3.2.3 Materiales de oficina.....	19
3.2.4 Equipos.....	19
3.2.5 Insumos.....	19
3.2.6 Herramientas.....	20
3.3. Métodos.....	20
3.3.1 Factores en estudio y tratamientos.....	20
3.3.2 Diseño experimental.....	20
3.3.3 Análisis estadístico.....	21
3.3.4 Análisis funcional.....	21
3.5 Variables en estudio.....	21
3.6 Manejo específico del experimento.....	23
3.6.1 Adecuación y manejo de los corrales experimentales.....	23
3.6.2 Desparasitación.....	24
3.6.3 Pesaje de animales.....	24
3.6.4 Elaboración del alimento.....	24
3.6.5 Mezcla y suministro del alimento.....	25
3.6.6 Determinación de los niveles de grasa dorsal.....	26
3.6.7. Rendimiento a la canal.....	26
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>27</b>
4.1 Consumo de alimento total.....	27
4.2 Peso semanal.....	29
4.3 Ganancia de peso semanal.....	32

4.4 Ganancia de peso total .....	35
4.5 Conversión alimenticia .....	37
4.5 Niveles de grasa dorsal .....	40
4.6 Rendimiento a la canal .....	43
4.7 Relación beneficio costo .....	45
4.8 Hipótesis .....	46
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusiones .....	47
5.1 Recomendaciones .....	48
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Hidrocloruro de Ractopamina (C <sub>18</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>3</sub> HCl).....	10
<b>Figura 2:</b> Modo de acción de los Beta-Adrenérgicos.....	11
<b>Figura 3:</b> Mapa de ubicación de la granja San Vicente.....	18
<b>Figura 4:</b> Consumo de alimento.....	28
<b>Figura 5:</b> Curva de peso semanal.....	31
<b>Figura 6:</b> Ganancia de peso semanal .....	34
<b>Figura 7:</b> Ganancia de peso total .....	36
<b>Figura 8:</b> Conversión alimenticia.....	39
<b>Figura 9:</b> Niveles de grasa dorsal.....	41
<b>Figura 10:</b> Rendimiento a la canal.....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de finalización.....	9
<b>Tabla 2:</b> Descripción de los tratamientos a evaluar .....	20
<b>Tabla 3:</b> Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño Completamente al Azar (D.C.A)	21
<b>Tabla 4:</b> Elaboración del alimento para cada tratamiento.....	25
<b>Tabla 5:</b> Valores promedio de consumo de alimento total en kilogramos (kg).....	27
<b>Tabla 6:</b> Análisis de varianza para el consumo de alimento total.....	27
<b>Tabla 7:</b> Valores promedio de peso semanal en kilogramos (kg).....	30
<b>Tabla 8:</b> Análisis de varianza para el peso semanal.....	30
<b>Tabla 9:</b> Valores promedio de la ganancia de peso semanal en kilogramos (kg).....	32
<b>Tabla 10:</b> Análisis de varianza para la ganancia de peso semanal.....	33
<b>Tabla 11:</b> Valores promedio de la ganancia de peso en kilogramos (kg).....	35
<b>Tabla 12:</b> Valores promedio de la ganancia de peso en kilogramos (kg).....	35
<b>Tabla 13:</b> Valores promedio de la conversión alimenticia.....	38
<b>Tabla 14:</b> Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia .....	38
<b>Tabla 15:</b> Valores promedio de los niveles de grasa dorsal en milímetros (mm).....	40
<b>Tabla 16:</b> Análisis de varianza para la variable niveles de grasa dorsal.....	41
<b>Tabla 17:</b> Valores del rendimiento a la canal en porcentaje (%). .....	43
<b>Tabla 18:</b> Análisis económico de los tratamientos.....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Ubicación del experimento.....	58
<b>ANEXO 2.</b> Croquis del experimento.....	59
<b>ANEXO 3.</b> Ficha técnica de Hidrocloruro de Ractopamina (Paylean® 20).....	60
<b>ANEXO 4.</b> Contenido nutricional del balanceado comercial (Concentrado Proteico).....	61
<b>ANEXO 5.</b> Consumo de alimento total.....	61
<b>ANEXO 6.</b> Prueba de Fisher para la variable consumo de alimento total.....	61
<b>ANEXO 7.</b> Prueba de Fisher para la variable peso semanal.....	62
<b>ANEXO 8.</b> Prueba de Fisher para la variable ganancia de peso semanal.....	63
<b>ANEXO 9</b> Prueba de Fisher para la variable ganancia de peso total.....	63
<b>ANEXO 10.</b> Prueba de Fisher para la variable conversión alimenticia.....	64
<b>ANEXO 11.</b> Prueba de Fisher para la variable niveles de grasa dorsal.....	64
<b>ANEXO 12.</b> Costos de producción de cerdos en la etapa de finalización de cada tratamiento.....	64
<b>ANEXO 13.</b> Mezcla del alimento.....	66
<b>ANEXO 14.</b> Implementación del área de investigación.....	67
<b>ANEXO 15.</b> Peso de los cerdos.....	69
<b>ANEXO 16.</b> Medición de niveles de grasa dorsal.....	72
<b>ANEXO 17.</b> Imágenes de evaluación de niveles de grasa de los cerdos por medio de ultrasonido.....	73
<b>ANEXO 18.</b> Faenamiento de los cerdos.....	74

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la granja porcícola San Vicente ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo, con la finalidad de evaluar el efecto de hidrocloreuro de ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo en la etapa de finalización, midiendo la ganancia de peso, el consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, evaluando los niveles de grasa dorsal de cerdos a través de un método de ecografía doppler y finalmente realizar el análisis de costo beneficio para determinar la rentabilidad del producto. Los factores en estudio evaluados fueron dosis de 0, 250 y 500 g de hidrocloreuro de ractopamina por /Tonelada métrica de concentrado. Los datos obtenidos se analizaron bajo un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.), dando un total de tres tratamientos con cuatro repeticiones, es decir se utilizó doce cerdos, machos castrados de 120 días de edad con un peso promedio de 40 Kg, procedentes de un cruzamiento comercial Landrace con Pietrain. Los resultados indicaron que los cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina durante 46 días en la etapa de finalización, alcanzaron los mejores parámetros productivos en el peso final, ganancia de peso con promedios de 94.94 kg y 55.22 kg, asimismo también presentaron la mejor conversión alimenticia con un índice de 1.93, de la misma manera alcanzaron un mayor porcentaje a la canal con un promedio de 74.09% y menor espesor de grasa dorsal fueron obteniendo un promedio de 13.82 mm, estableciéndose una mayor rentabilidad con un índice de Beneficio/Costo de 1,85 dólares, es decir, por cada dólar invertido 0,85 centavos de dólar es la utilidad. Con los resultados alcanzados en la presente investigación se sugiere utilizar el aditivo hidrocloreuro de ractopamina en dosis de 500g/Tm de concentrado, para incrementar parámetros productivos y obtener una mejor rentabilidad para los porcicultores.

## ABSTRACT

The present investigation took place in the San Vicente pig farm located in the Pichincha province, district of Cayambe, Juan Montalvo parish, with the purpose to evaluate the effects of ractopamine hydrochloride on the productive performance and the quality of the pork meat on the completion stage, by measuring the gained weight, the food consumption, the feed conversion index, and evaluating the pig's back fat levels through a doppler ultrasound method and finally performing the cost-benefit analysis to determine the profitability of the product. The factors evaluated in the study were doses of 0, 250 y 500 g of ractopamine hydrochloride per/tm of concentrate. the obtained data were analyzed under a completely Randomized Design (D.C.A), giving a total of three treatments with four repetitions, which means that pigs were used, they were castrated males of 120 days of age with an average weight of 40Kg, coming from a commercial crossing Landrace with Pietrain. The results indicated that twelve the pigs treated with ractopamine hydrochloride during 46 days in the completion stage reached the better productive parameters in terms of final weight, averaged gained weight of 94.94 kg and 55.22 kg, also presented the best feed conversion with an index of 1.93, in the same way they reached a higher the carcass quality with an average of 74.09% and less thickness of back fat were obtained on average of 13.82 mm, establishing higher profitability with a cost-benefit index of 1,85 dollars which means that for each invested dollar the profit is 0,85 cents. The present study, with the reached results, recommends utilizing the additive ractopamine hydrochloride in doses of 500g/Tm of concentrate to increase productive parameters and to obtain more profitability for the Pig Farmers.

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, ya que de ella depende no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja (Ellis, 2000). Son diversos los problemas que el productor debe afrontar con sus cerdos durante la etapa de finalización, ya que, no todos están ligados a un programa de alimentación, sin embargo, éste es un factor que influye mucho (Bundy, 2006). Entre los principales problemas podemos mencionar los siguientes: bajos pesos a la venta, alto índice de conversión alimenticia y una mala calidad de la canal (Castañeda, 2001).

Es bien sabido por todos que la producción porcina es una actividad en la cual los clientes son cada vez más exigentes, es decir, ya no es suficiente con producir un cerdo de buen peso y con una conversión alimenticia aceptable, ahora también evalúan la calidad de carne que se produce, los errores en esta etapa suelen ser muy caros, pues dichos errores sobre todo en la alimentación se ven reflejados en una baja rentabilidad (Escamilla, 2010).

La adición de hidrocloreuro de ractopamina en la dieta de cerdos a valores de 5, 10 y 20 ppm ha mostrado resultados variables sobre la respuesta productiva, ganancia diaria de peso y rendimiento en canal (Williams, 1994), siendo el efecto más notorio la modificación de las características del tejido magro (Armstrong, 2004).

La ractopamina dirige los nutrientes para mejorar las eficiencias de producción e incrementar la ganancia de carne magra en la canal, su modo de acción le permite agrandar la masa muscular al aumentar la síntesis de proteína alrededor de un 30% (Muller 2000). Tiene efecto mínimo en la degradación proteica, reduce la síntesis de grasa (lipogénesis) y aumenta la tasa de lipólisis alrededor de un 6% (Rodríguez 2002).

## **1.2 Problema**

La mayoría de porcicultores en su explotación al no tener recursos para mantener razas de cerdos adecuadas y al no poseer una nutrición balanceada en la dieta de finalización de los mismos, llegan a obtener bajos pesos a la venta, pesos que van desde 80 a 90 kilos en cerdos que han obtenido durante las 22 semanas de edad, resulta ser un verdadero problema, pues debemos recordar que el objetivo del porcicultor es vender kilos de carne, por lo tanto, no alcanzar el peso óptimo representa obtener pérdidas económicas, otro de los problemas es una mala calidad de la canal, cerdos con mayor proporción de grasa afecta negativamente al productor, ya que, el precio pagado por la libra de grasa es de menor costo que la de carne lo que al final confiere un alto índice de conversión alimenticia.

## **1.3 Justificación**

La industria porcina ha cambiado drásticamente en los últimos diez años, por el creciente incremento del consumo per cápita de carne de cerdo que, en el 2011 es de 9.5 kg./persona/año (ASPE, 2012), la demanda por animales con mayor proporción de músculo y una menor cantidad de grasa acorde a los requerimientos del mercado, ha forzado a las compañías dedicadas al mejoramiento genético y los productores a buscar alternativas para satisfacer dichas características.

En tal sentido, producir animales con buen rendimiento en canal, buena conformación y adecuada distribución de grasa constituyen aspectos de máximo interés en el proceso de comercialización. La alimentación de los cerdos representa entre un 70 a un 75% de los costos totales de producción por lo que es muy importante contar con adecuados programas de alimentación, que sean económicos pero que al mismo tiempo maximicen el rendimiento de los animales (Ellis, 2000).

Estos aspectos crean la necesidad de investigar el uso de nuevos productos no nutricionales que mejoren el rendimiento productivo de los cerdos, dentro de estos, está el hidrocloreuro de ractopamina, el cual nos permite aumentar la masa muscular, reducir la síntesis de grasa así como también ayuda a mejorar la rentabilidad del porcicultor, volviéndolo competitivo en un mercado que día a día se vuelve más exigente (ASPE ,2012).

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto de hidrocloreuro de ractopamina sobre el desempeño productivo y la calidad de la carne de cerdo en la etapa de finalización.

### 1.4.2 Objetivos específicos:

- Medir el efecto de hidrocloreuro de ractopamina sobre, el consumo de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia en cerdos en la etapa de finalización.
- Evaluar los niveles de grasa dorsal de cerdos a través de un método de ecografía doppler.
- Realizar el análisis de beneficio costo para determinar la rentabilidad del producto.

## 1.5 Hipótesis

- **Ho:** El adicionar hidrocloreuro de ractopamina en la etapa de finalización de los cerdos no influye en la producción y calidad de carne.
- **Ha:** El adicionar hidrocloreuro de ractopamina en la etapa de finalización de los cerdos influye en la producción y calidad de carne.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO**

### **2.1 Generalidades**

Casa, D. y Jiménez, M. (2013) mencionan que el cerdo es omnívoro, precoz, de corto ciclo reproductivo, requiere de poco espacio, se adapta fácilmente a diferentes climas y ambientes. Considerados entre los animales domésticos de mayor inteligencia y capacidad de aprendizaje lo que facilita su manejo, ya sea de forma rústica o en instalaciones tecnificadas (Carden, 2000).

Los suinos se consideran, como una de las especies de animales domésticos más eficientes en producción de proteínas a nivel industrial intensivo que pueden alcanzar el peso de mercado (90 a 100 Kg de peso vivo) entre los 5 a 7 meses de crianza, es decir, se requiere 350 Kg de alimento para llevar un cerdo a precio de mercado. Además, presenta una gran capacidad de transformación para originar carne de alta calidad nutritiva, con una gran conversión alimenticia (Carrero, 2008).

### **2.2 Raza de cerdo Landrace**

Son animales originarios de Dinamarca de tamaño medio, color blanco (excepcionalmente se pueden tolerar algunas pequeñas manchas negras o azules, siempre que el pelo implantado sobre ellas sea blanco). La cabeza es de longitud mediana, con orejas no muy largas inclinadas hacia delante cubriendo casi por completo los ojos del animal (Gómez, 2010). Es un raza muy prolífica y excelente productora de leche, por lo que sus crías son muy vigorosas, se destacan por englobar animales de buen comportamiento que responden satisfactoriamente ante condiciones adversas. Muestran buena ganancia media diaria en peso y conversión alimentaría, con niveles bajos de grasa, por ello se considera una raza de tipo magro (Espinosa, 2005).

La raza Landrace es una línea pura, materna o paterna que presenta un elevado rendimiento a la canal y tendencia a presentar PSE (carnes blandas, pálidas y exudativas). Los cerdos de esta raza presentan los siguientes parámetros productivos: las cerdas llegan a pesar hasta 310 kg aproximadamente y los machos 400 kg, las camadas varían entre 9 y 11 lechones en promedio y presentan aproximadamente el 81 % de rendimiento en canal (Padilla, 2001).

### **2.3 Raza de cerdo Pietrain**

El cerdo Pietrain es originario de Bélgica y se conoce desde 1920 aproximadamente (Escamilla, 2010). Su nombre debe de la comuna donde se vio por primera vez a este animal, el mismo que presenta una capa blanca manchada de negro y algunas veces se presenta de color rojo (Brewer, 2002).

El origen de este cerdo está relacionado con una mutación en un gen responsable, entre otras cosas, de un contenido en músculo, cerca de un 6-8% más, en relación a otras razas, además presenta un destacado rendimiento de canal. Su desarrollo es lento, pero su índice de consumo permanece siendo competitivo (Castañeda, 2001).

Pietrain es una raza paterna especializada. Se utiliza como macho terminal o finalizador que presenta Crecimiento lento y resultados reproductivos limitados pero sus índices de conversión resultan competitivos, el rendimiento a la canal es alto en cortes magros y porcentaje de grasa es mínima (Braun,2010).

### **2.4 Beneficios del cruce de la raza Landrace con Pietrain**

El cruce de cerdos Landrace con Pietrain se ha ganado una buena reputación de mejora de la calidad de la carne, específicamente para clientes que desean tener un reproductor con doble propósito, las cerdas de reemplazo del mismo engorde tienen las mejores características maternas (Cepeda, 2006). Además posee una extraordinaria eficiencia

alimentaria entre 2.7- 2.9, una ganancia de peso promedio diario de 575 g/día, además alcanzan un peso entre 110-120 kg de peso vivo. El cruce de esta raza presenta un excelente rendimiento cárnico y económico, llegando hacer una gran elección para satisfacer las exigencias del mercado (Carrero, 2008).

## **2.5 Alimentación de los cerdos**

Los alimentos para la nutrición de cerdos deben estar diseñados para ofrecer a los cerdos los nutrientes necesarios para cada una de las fases de producción, con el fin de obtener favorables beneficios económicos en la explotación porcícola, persiguiendo las reglas de sanidad y manejo (Garcia, 2014).

Todos los alimentos deben estar elaborados con materias primas de buena digestibilidad, y que no contengan altas cantidades de materias primas fibrosas (Solórzano, 2005). Existe una gran variedad de ingredientes que pueden utilizarse en la formulación de una dieta para la alimentación de los cerdos (Mora, 2002).

Los componentes para la preparación de alimentos balanceados, se los puede dividir en categorías las cuales son: fuentes de energía, proteína, vitaminas, minerales y los aditivos no nutricionales. El nivel de uso de estos ingredientes en la ración estará expresado por el contenido nutricional del producto, de las restricciones nutricionales que presente para las diferentes etapas productivas y del requerimiento de nutrimentos que se quiera satisfacer (Rosales, 2004).

Campabadal, (2011) manifiesta que la primordial fuente de energía utilizada en la alimentación porcina es el maíz, el mismo que contiene niveles de energía digestible y metabolizable de 3,5 y 3,3 Mcal/kg, respectivamente. El maíz tiene bajos niveles de proteína (7,5 a 8,5%) es deficiente en lisina (0,22 a 0,25%), calcio (0,03 a 0,05%) y fósforo disponible (0,08 a 0,10 %). No presenta prohibiciones nutricionales en su composición que restrinjan

el nivel de introducción en las dietas para cerdos; no obstante, preexisten dos limitaciones que pueden afectar la utilización eficaz del maíz en la alimentación de cerdos, como es el contenido de micotoxinas y su grado de molienda (Escamilla, 2010).

El grado de molienda es un elemento común que afecta el uso del maíz, por el efecto negativo que presenta sobre la digestibilidad de nutrimentos. Por ello se hace necesario, moler con una criba de 0,4 cm (1/8 de pulgada). Cuando el tamaño de partícula es más fino se incrementa el problema de desarrollo de úlceras en el estómago (Campabadal, 2011).

### **2.5.1 Mezcla de los alimentos.**

Los ingredientes a incluirse en una dieta deben ser mezclados para lograr así un alimento de distribución nutritiva uniforme. Goodband et al, (2001) mencionan que la eficacia del mezclado se refiere a “cuan bien un lote de alimento es mezclado”. Existen varios tipos de mezcladoras, las cuales requieren distintos tiempos para mezclar el alimento completamente.

Las mezcladoras verticales tardan aproximadamente 15 minutos, mientras que las horizontales lo hacen en 5 a 10 minutos utilizando menor energía. Los factores que intervienen en la uniformidad y aumento en el tiempo de mezclado incluyen: el tamaño de la partícula y densidad, contenido de humedad del grano, desgaste de los equipos, RPM del mezclador, sobrellenado del mezclador, y sobrecarga de grasas y aceites (Solórzano, 2005).

## **2.6 Etapa de finalización de los cerdos**

Church, C. (2000), manifiesta que la fase de finalización va desde que los animales han alcanzado pesos entre 40 a 45 kg aproximadamente hasta cuando alcanzan 90 kg de peso vivo. Campabadal (2011), menciona que en esta etapa el cerdo por sus características propias comienza a depositar grasa en la carne puede llegar a pesar entre 50-100 kg y tiene una duración de 50-60 días.

En esta etapa los requerimientos cuantitativos para los nutrientes, distintos a la energía, son menores, cabe agregar que el requerimiento total diario de alimento es considerablemente mayor durante esta fase, no solo debido al mayor tamaño del cuerpo sino también a la necesidad de alimento por unidad de ganancia de peso corporal, este es un reflejo del aumento de la disposición de grasa que necesita en gran medida más energía por unidad de ganancia (NRC, 2005).

Eastern (2009), señala que los cerdos en la etapa de finalización se mantienen normalmente en confinamiento, por tal motivo se los debe clasificar de acuerdo con su edad y peso, para poder evitar que existan animales débiles perjudicados en su ración alimenticia.

Torres (2012), menciona los objetivos que se puede obtener en esta etapa, es tener ganancias diarias de peso por arriba de 790 gramos, un consumo de alimento entre 1,5 y 2,5 kg/día, peso final de faena de 100 a 110 kilos, índice de conversión de 2,5, presencia de grasa dorsal por debajo de los 16 mm, una edad de 170 días de vida, con mortalidad inferior 0,5 % mensual, la producción de carne es de alta calidad y bajo costo.

Los rendimientos productivos de los cerdos en estas etapas dependen de la genética, de la alimentación, de la salud y del manejo (Cepeda, 2006). Sin embargo, con el conocimiento de nuevas líneas genéticas caracterizadas por una alta producción de tejido magro, estos rendimientos y categorías de pesos han variado y se han desarrollado fases de alimentación en cada etapa, con el fin de aprovechar la alta tasa de crecimiento de carne magra que ocurre durante la fase en desarrollo (Estebez, 2009). Este período empieza desde los 96 días con 25-30 kg y que debe terminar a los 166 días en crías altamente especializadas o a los 210 días como máximo.

Chávez, J. (2007), manifiesta que la etapa de crecimiento es en donde existe una mayor síntesis de tejido magro y en la de finalización donde predomina la deposición de grasa.

Además menciona que una alimentación eficiente en el periodo de desarrollo y finalización deben cumplir con tres metas importantes como es maximizar la eficiencia de la producción de tejido muscular en relación al tejido graso de la canal y la producción de carne magra con características físicas, químicas y sensoriales aceptables

### 2.6.1 Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de finalización

El cerdo necesita los siguientes nutrientes en la fase de engorde: agua (1lt x cada 350 g de pienso seco, el consumo de agua se ve influenciada por la temperatura ambiental) Energía digestible (3.30 Mcal/Kg), energía metabolizable (3.25 mcal/kg), proteína (16 – 17%), lisina (1.0%), triptófano (0.18%), treonina (0.65%) metionina + cistina (0.61%), ca (0.72%), p (0.30%), sal (0.25%), minerales y vitaminas, los antibióticos y los agentes quimioterapéuticos se añaden a las dietas de los cerdos para incrementar la tasa y la eficiencia del aumento de peso, pero no se los consideran nutrientes (Chávez, 2011).

**Tabla 1**

*Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de finalización.*

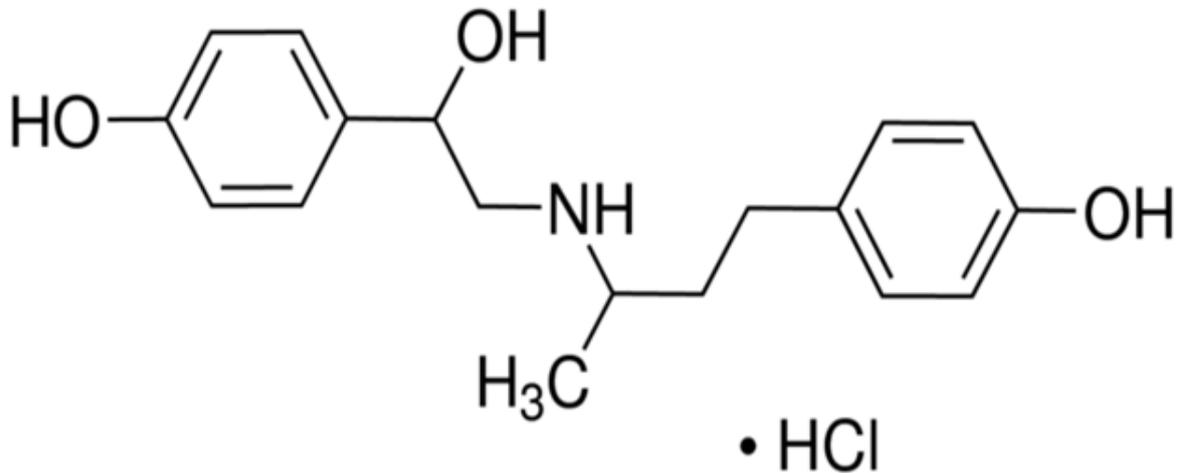
<b>Nutriente</b>	<b>Etapas finalización</b>
<b>E.Met.(Kcal./Kg.)</b>	3250
<b>Proteína (%)</b>	16.50
<b>Lisina (%)</b>	1.00
<b>Calcio (%)</b>	0.75
<b>Fósforo Disp. (%)</b>	0.30

**Fuente:** (Campabadal, 2011).

### 2.7 Hidrocloruro de Ractopamina

Hidrocloruro de ractopamina, es una molécula orgánica pequeña clasificada por su estructura química como feniletanolamina. Tiene una actividad de agonista b-adrenérgico, estimula los  $\beta$  receptores de la superficie de la célula. Los  $\beta$  receptores se encuentran tanto

en el músculo esquelético como en el tejido adiposo. Estos receptores son los responsables de modificar las características de canal (Elanco Animal Health, 2001).



**FIGURA1:** Hidrocloruro de Ractopamina (C<sub>18</sub> H<sub>23</sub> NO<sub>3</sub> • HCl)

Fuente: Rosales (2004). *Hidrocloruro de Ractopamina*, 12

La ractopamina fue desarrollada por una compañía farmacéutica norteamericana, se usa en la alimentación de cerdos, vacas y pavos para mejorar “la eficacia alimentaria” y aumentar “el contenido magro” en la carne. La Agencia de Normas Alimentarias (FSA) y el Codex Alimentarius, no han llegado aún a un consenso sobre el nivel máximo residual (MRL) de ractopamina (Muller, 2000).

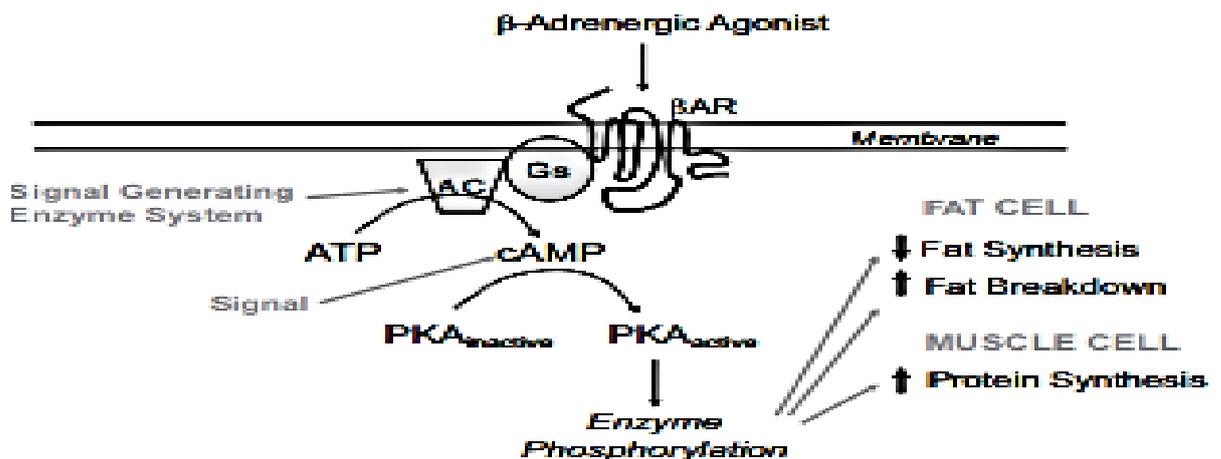
El hidrocloruro de ractopamina es un fármaco que se utiliza como aditivo alimenticio para promover el crecimiento de los cerdos, especialmente la masa muscular (Torres, 2012). En cerdos se maneja a una dosis de 5 a 10 ppm para incrementar la ganancia de peso y mejorar la conversión alimenticia, así mismo aumentando la dosis de 10 a 20 ppm aumenta la magrez de la canal y el porcentaje de rendimiento de la misma (Armstrong, 2004). La ractopamina funciona como un agonista β- adrenérgico, estimulando los receptores beta a nivel de la membrana celular, los cuales están presentes tanto en el músculo esquelético

como en el tejido adiposo y son los encargados de modificar las características de la canal sin requerir tiempo de retiro antes del sacrificio (Muller 2000).

### 2.7.1 Modo de acción

El efecto de la ractopamina es liberar nutrientes y estimular la síntesis de proteína en los animales por lo que se puede evidenciar una importante mejora de la ganancia de peso, de la conversión alimenticia y de algunos parámetros de la carcasa. El efecto de la ractopamina sobre estos parámetros puede ser explicado por las alteraciones metabólicas provocadas por el aditivo, principalmente por las síntesis proteica, ya que el aumento de la proteína en la carcasa, agrega 35% de agua ligada al músculo (Cuarón et al., 2002). Los compuestos adrenérgicos producen una redistribución de los nutrientes, la activación del receptor en la membrana desencadena en la activación de los complejos enzimáticos por fosforilación interviniendo AMPc (adenosin monofostato) (Rosales, 2004).

#### Beta-Adrenergic Agonists



**Figura 2.** Modo de acción de los Beta-Adrenérgicos

**Fuente:** Cuarón (2002). *Modo de acción de los beta-adrenérgicos*, 15

El hidrocloreto de ractopamina se une al receptor adrenérgico a nivel de la membrana celular que activa en el citoplasma la señal del sistema de generación enzimática consumiendo ATP(Adenosin Trifosfato) para la síntesis del AMPc (Adenosin Monofosfato cíclico), el cual activa una proteína cinasa por fosforilación de la molécula. Las enzimas activadas promueven la liberación de la glucosa para su oferta a los tejidos periféricos, lo que favorece el transporte de aminoácidos al músculo. En consecuencia, hay un consumo energético a nivel del tejido adiposo, se bloquea la absorción de glucosa y tipo de receptor dependiente, se incita a la lipólisis y el sustento de la síntesis de proteína en el músculo esquelético (Casa, 2013).

El flujo de glucosa y aminoácidos a los miocitos estimula una hipertrofia de las miofibrillas y el aumento en la tasa de la síntesis de proteína, sobre todo en el tejido muscular estriado, se soluciona con un crecimiento del músculo muy semejante al que se induce por el ejercicio en individuos adultos: el número de fibras musculares se mantiene, pero el tamaño o diámetro de las fibras incrementa significativamente; además no se altera la proporción entre la masa de fibras blancas y rojas (Cuarón, 2002).

Sin embargo la respuesta al uso de ractopamina disminuye con el tiempo, siendo más pronunciada durante las dos primeras semanas, reduciéndose posteriormente (See et al., 2004) principalmente debido a la retroregulación de los receptores  $\beta$ , por lo que no es posible utilizarla por mucho tiempo, siendo el período normal de uso de 21 a 28 días, aunque hay estudios en los que se deja un bache para que los receptores vuelvan a la normalidad y se comienza a usar nuevamente, esta no es una práctica habitual (Fernández et al., 2002).

### **2.7.2 Forma de administración.**

El hidrocloreto de ractopamina es un ingrediente para el alimento de los cerdo, seguro y aprobado que dirige los nutrientes para mejorar la eficiencia en producción e incrementar la

ganancia magra de la canal. Sánchez en el 2012, reporta que el hidrocloreto de ractopamina, está indicado para administrarse en las raciones balanceadas de los cerdos durante los últimos días de producción (etapa de finalización), a dosis entre 5 ppm (250gr/Ton y 10 ppm (500gr/Ton).

### **2.7.3 Residualidad de la ractopamina en canales de cerdos sacrificados**

La eliminación del hidrocloreto de ractopamina es mucho más rápida, por la ausencia de elementos nocivos como el cloro en el grupo cíclico, que proporciona su biotransformación y excreción. Se ha calculado que la ractopamina que en tan sólo horas se reducen las concentraciones del fármaco y metabolitos a niveles inferiores, debido a una biotransformación. Aunque, durante el tratamiento con ractopamina se localizan en la orina concentraciones de 44-47 ng/ml y se les continúa detectando incluso las dos semanas posteriores al concluir la medicación (Sánchez, 2012).

## **2.8 Análisis y características de la canal.**

La canal de la especie porcina se obtiene posteriormente de sacrificado, sangrado, depilado y eviscerado, sin pezuñas, genitales, riñones y grasa pelviana, con o sin cabeza (Concellon, 2003). Por otra parte Godfreyet (2003), agrega, que después del eviscerado, pueden persistir los riñones y la grasa interna. El cuerpo del animal sacrificado es abierto a lo largo de la línea media (esterno-abdominal), separada la cabeza del cuerpo por la articulación occipito-atloidea quedando ésta adherida por los tejidos blandos al resto del cuerpo. El valor de una canal está determinado particularmente por la carne magra que contiene en correlación a su peso, el mismo que puede ser evaluado mediante, valoración del desarrollo muscular de la canal (Concellon, 2003; Godfreyet al, 2003).

Las características de canal se hallan influenciadas por la genética del animal, por lo que se debería esperar como mínimo un rendimiento de canal del 75%, una grasa dorsal menor a 20 milímetros (mm) y un porcentaje de carne magra mayor del 50% (Bundy, 2006).

En la canal, el rendimiento es la proporción del peso de la canal expresada en porcentaje, respecto del peso vivo, el cual se puede calcular en referencia a la canal caliente y/o fría (determinando el porcentaje de la merma de la canal en frío). El rendimiento indica la cantidad que realmente puede ser aprovechable en la canal; es decir aquello que otorgará ganancias al productor.

### **2.8.1 Peso de la canal.**

Casa en el 2013 menciona que el peso no es la mejor manera de evaluar un programa de alimentación de cerdos. El peso corporal representa ganancia de tejidos (grasa y músculo principalmente), pero no indica la proporción con que dichos tejidos contribuyen a la ganancia de peso. Para poder saber cuál es la participación de los tejidos en la canal existen distintos métodos; el método más preciso es separar los tejidos (músculo, grasa), lo cual requiere mucho tiempo. Una alternativa en el cerdo es estimarlo a través del espesor de grasa dorsal y área del ojo del lomo (Dourmand, 1991 y Patience, 1996).

### **2.9 Espesor de grasa dorsal.**

Dalla (2001), manifiesta que los cerdos durante el crecimiento utilizan principalmente la proteína y la energía ingerida para llenar los requerimientos de mantenimiento, una vez que estos requerimientos hayan sido satisfechos el resto de la proteína y la energía ingerida es utilizada para el crecimiento de los tejidos, especialmente para la grasa y músculo. La composición del tejido graso del cerdo puede ser afectada por la edad, sexo, genética, alimentación, peso, madurez fisiológica y el uso de promotores de crecimiento (Gresham, 2001)

Los tejidos adiposos que se depositan en el animal se clasifican según el lugar donde se encuentren ubicados y reciben el nombre de tejido graso subcutáneo, intermuscular y Grasa Interna. El tejido subcutáneo es cuantitativamente el más importante; éste se encuentra formado por el tejido adiposo subcutáneo dorsal o tocino y el tejido adiposo subcutáneo abdominal o panceta (Morales, 2002). En porcinos la cantidad de grasa subcutánea constituye aproximadamente el 70% de la grasa de una canal distribuida homogéneamente.

La grasa dorsal es aquella que cubre la canal y se encuentra localizada a lo largo de la línea dorsal o del lomo, desde las vértebras torácicas hasta las vértebras lumbares (MEXICO, 2003). No es uniforme a lo largo de toda la columna vertebral, caracterizándose por un aumento progresivo desde la cabeza a la primera costilla, y luego, por una disminución bastante acusada de dicho espesor hacia la última costilla. Consecutivamente tiende a aumentar de nuevo, con una ligera disminución a nivel de la última vértebra Lumbar (Concellón, 1991).

El grado de grasa es el principal factor que determina el rendimiento de carne magra. Al aumentar la proporción de grasa disminuye la proporción de músculo. El contenido de carne magra es un factor fundamental del rendimiento de los porcinos. Por todo esto el predictor de la composición corporal más utilizado en la práctica sigue siendo el espesor de grasa por el método de ultrasonido (Lloveras, 1990).

### **2.9.1 Metodología para la evaluación del espesor de la grasa dorsal por el método de ultrasonido.**

En primer lugar, se debe inmovilizar el animal en una manga (fijo o móvil), de forma que los animales no tengan mucha movilidad. Es muy importante que se tomen medidas de precaución, para que el operador, equipamiento y el animal, no sufran algún daño (Wilson, 2003). Además, debemos tener buen acceso a las zonas de estudio, que son la región de las

últimas costillas en el lomo, Para obtener un buen contacto acústico, podría ser recomendable rasurar el pelo de las zonas de estudio, luego se debe limpiar la región, para quitar los pelos sueltos y otras suciedades, utilizando para esto una rasqueta o cepillo metálico (Widmer, 1999).

Para realizar un buen contacto entre el transductor y la superficie del animal, se necesita de un medio que realice un buen acoplamiento. Se podría usar gel de ultrasonido, pero además de ser caro, es muy viscoso y provoca la formación de burbujas de aire entre los pelos, y ya sabemos que el aire no permite el paso de las ondas ultrasónicas (Gresham, 2001). Lo más recomendable, práctico y económico es el uso de aceite vegetal común de uso doméstico, que no perjudica al animal, ni al operador. Por otra parte, es importante la temperatura del aceite, y en caso de que la temperatura ambiente sea baja, se recomienda entibiarlo, ya que se obtiene mejores resultados con el aceite a unos 27°C (fluye mejor entre los pelos y da mejor contacto). Para esto se debe calentar agua y depositar el recipiente dentro de esta (Stouffer, 1999).

Además de la utilidad del aceite como medio de acoplamiento acústico entre transductor y animal, se necesita la almohadilla o acoplador acústico (Standoff-Pad), que debe adaptarse al borde lineal del transductor, aplicando previamente una pequeña cantidad de gel de ultrasonido y de aceite, teniendo en cuenta que tampoco debería estar muy frío. Este acoplador tiene la curvatura apropiada para la zona dorsal del cerdo (Herring, 2005).

Una vez de tener el equipamiento pronto, y que la zona este limpia y lubricada, debemos posicionar el transductor de acuerdo con el examen que vamos a realizar. Para el estudio de espesor de grasa dorsal, profundidad del lomo y área del ojo del lomo, se debe localizar el último espacio intercostal a nivel dorsal, a nivel de la 10ª costilla. Para ubicar esta zona, se realiza la "técnica de la mano", colocando el transductor un palmo por delante de la última costilla (Echevarría, 2010).

Carden (2009), manifiesta que, en la parte superior de la pantalla del ecógrafo, se debe observar 3 líneas que son: la superficie exterior del cuero, la interface entre cuero y grasa subcutánea, y la interface entre grasa y límite superior del músculo longissimus dorsi. Al observar estas 3 capas, se debe capturar la imagen, para luego seleccionar el Software de Animal Science y proceder a medir el espesor de grasa (EG), ubicando el cursor aproximadamente en los 3/4 externo del ancho del lomo (tomando el eje de medial a lateral), y perpendicular a la superficie. Allí se mide la distancia entre la interface cuero-grasa y la interface grasa-lomo (Miller, 1995).

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### 3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en el Rancho San Vicente.

#### 3.1.1 Ubicación geográfica

**Provincia:** Pichincha  
**Cantón:** Cayambe  
**Parroquia:** Juan Montalvo  
**Altitud:** 2880 m.s.n.m.  
**Latitud:** 00°01'23,87" N  
**Longitud:** 78°08'43,39" W

**Fuente:** (Tipanluisa, 2014).

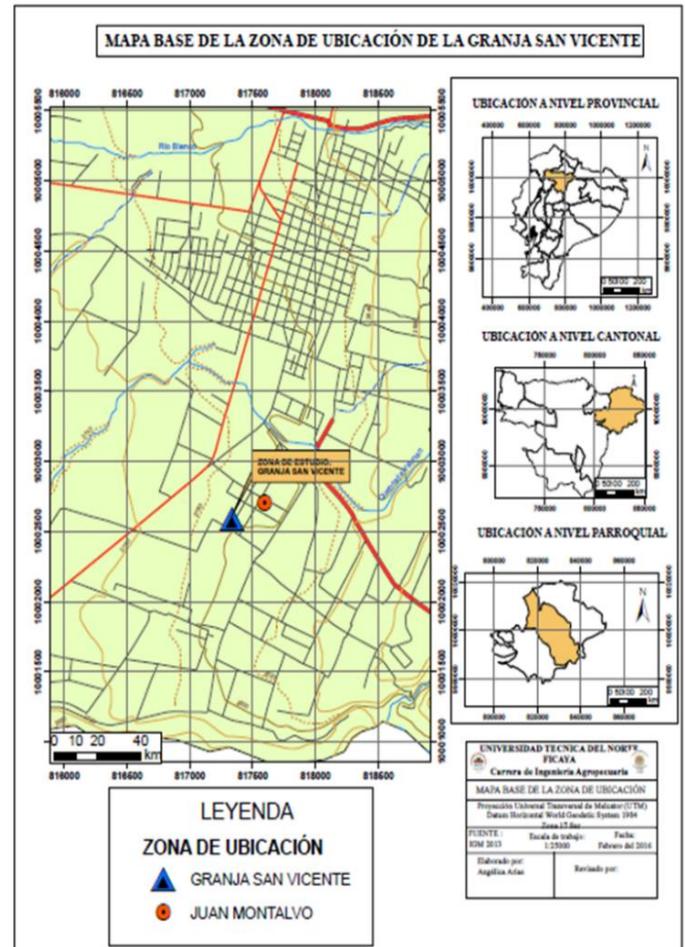
#### 3.1.2. Características climáticas

**Temperatura promedio anual:** 12 °C

**Humedad relativa:** 80%

**Precipitación:** 1600-1850 mm/año

**Fuente:** (Tipanluisa, 2014).



**Figura3:** Mapa de ubicación de la granja San Vicente.

## **3.2 Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas**

### **3.2.1. Materiales de campo.**

- Jaulas
- Libro de campo
- Bebederos
- Comederos

### **3.2.2 Materiales biológicos.**

- 12 cerdos machos del cruzamiento comercial (Landrace x Pietrain)

### **3.2.3 Materiales de oficina.**

- Etiquetas
- Computadora
- Impresora

### **3.2.4 Equipos.**

- Balanza gramera marca DIAMOND.
- Balanza tipo reloj para colgar marca CAMRY hasta 200kg.
- Mezcladora de alimento marca RUMAN.
- Ecógrafo doppler.

### **3.2.5 Insumos.**

- Concentrado proteico comercial
- Maíz molido
- Hidrocloruro de ractopamina (HR)
- Desparasitante

### 3.2.6 Herramientas

- Balde
- Pala
- Escoba
- Manguera

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1 Factores en estudio y tratamientos.

Los tratamientos que se evaluó constan en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Descripción de los tratamientos a evaluar.*

Tratamientos	Código	Descripción
1	T1	Testigo Concentrado
2	T2	250g.Hidrocloruro Ractopamina/ Tm de concentrado.
3	T3	500g.Hidrocloruro Ractopamina/ Tm de concentrado.

FUENTE: (Elaboración propia)

#### 3.3.2 Diseño experimental.

Se utilizará un Diseño Completamente al Azar (D.C.A)

- Características del experimento.
  - Tratamientos: 3
  - Repeticiones: 4
- Total de Unidades Experimentales: 12 cerdos
- Característica de la Unidad Experimental: 12 animales machos de cruzamiento comercial (Landrace x Pietrain), de 120 días de edad, castrados, desparasitados,

con un peso promedio de 40kg los cuales fueron distribuidos en 3 jaulas de 12m<sup>2</sup>.

Es decir que se ubicó 4 cerdos en cada unidad.

d) Área total del ensayo: 56m<sup>2</sup> (7 m x 8m) (Ver Anexo 1).

### 3.3.3 Análisis estadístico

En la siguiente tabla se presenta el análisis de varianza del diseño experimental completamente al azar (DCA).

**Tabla 3**

*Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño Completamente al Azar (D.C.A)*

Fuentes de Variación	Fórmula	GL
Total	$(t \times R) - 1$	11
Tratamientos	$(t - 1)$	2
Repeticiones	$(R - 1)$	3
E. exp.	$(t - 1)(R - 1)$	6

FUENTE: (Elaboración propia)

### 3.3.4 Análisis funcional.

El análisis funcional se realizó mediante la prueba fisher al 5 % a las variables a las que el análisis de varianza resultó tener diferencia significativa a nivel del 5 %.

## 3.5 Variables en estudio

Para evaluar los efectos de las diferentes dosificaciones de hidrocloreuro de ractopamina en la dieta de finalización de cerdos para uso comercial se midió las siguientes variables.

a) **Consumo de alimento:** Se evaluó de acuerdo a la cantidad de alimento suministrado diariamente y el sobrante del mismo. El alimento mezclado se pesó de acuerdo con la ración diaria de cada cerdo y se suministró dos veces al día, 50% en la mañana y 50% en la tarde, se recolectó posteriormente el alimento no

consumido y se registró (Rosales, 2001). El cálculo se lo efectuó según como indica la ecuación (1).

$$\mathbf{Consumo\ Alimento = Alimento\ consumido - Alimento\ sobrante. (1)}$$

**b) Ganancia de peso:** El peso de los animales se tomó y registró al inicio y al final del estudio (Reyes, 2004). ). El cálculo se lo realizó según como indica la ecuación (2).

$$\mathbf{Ganancia\ de\ peso = Peso\ final - Peso\ inicial. (2)}$$

Para elaborar una curva de peso se tomaron datos los pesos cada semana cumplida, para observar el desempeño de esta variable.

**c) Conversión alimenticia:** Se obtuvo relacionando el consumo de alimento durante la fase de estudio con la ganancia de peso total. El cálculo de la conversión alimenticia se efectuó utilizando la ecuación (3) (Rosales, 2004).

$$\mathbf{Conversi3n\ alimenticia = \frac{Consumo\ de\ alimento\ total(Kg)}{Ganancia\ de\ peso\ total\ (Kg)} (3)}$$

**d) Niveles de grasa dorsal:** Para medir los niveles de grasa dorsal en los cerdos se utilizó un ec3grafo doppler, el mismo que se aplicó cuando los cerdos cumplieron una edad de 166 días. Los datos obtenidos se expresaron en (mm).

**e) Rendimiento a la canal (%).** Para calcular el rendimiento a la canal se procedió a pesar a uno de los cerdos de cada tratamiento antes del sacrificio y después del mismo es decir eviscerado degollado, depilado, sin carpos, tarsos y pezuñas

(Jiménez, 2013). El cálculo del porcentaje rendimiento a la canal se efectuó utilizando la ecuación

$$\text{Porcentaje de rendimiento a la canal} = \frac{\text{Peso a la canal(Kg)}}{\text{Peso vivo(Kg)}} \times 100 \quad (4)$$

f) **Relación beneficio costo:** Se determinó mediante la relación de los ingresos obtenidos, frente a los egresos, dando como resultados en unidades monetarias (dólares). El cálculo se lo realizó según como indica la ecuación (5).

$$\text{Beneficio / costo} = \frac{\text{Ingresos totales (\$)}}{\text{Egresos totales (\$)}} \quad (5)$$

Dentro de esta fórmula se tomó en cuenta lo siguiente:

- Egresos: Precio del cerdo al inicio, alimentación, tratamiento aplicado, mano de obra, instalaciones y sanidad.
- Ingresos: Precio de venta de los cerdos.

### 3.6 Manejo específico del experimento

#### 3.6.1 Adecuación y manejo de los corrales experimentales.

- a) Para la investigación se utilizaron 12 corrales con dimensiones de 1m de ancho por 3m de largo, contruidos con madera de eucalipto, listones de madera y tornillos, además cada corral presentó un bebedero y un comedero.
- b) La limpieza de los corrales se realizó utilizando agua, detergente, cepillos y para la desinfección se utilizó un producto a base de amonio cuaternario, en dosis de 2,5ml/lt agua. Esta actividad se realizó antes de colocar los animales en los corrales y una vez iniciada la investigación, se hizo una limpieza diaria de los corrales antes de suministrar el alimento a los cerdos, por medio de barrido y lavado con agua a presión para eliminar las heces de los cerdos.

c) Se realizó una preselección de los cerdos machos del cruzamiento (Landrace x Pietrain) de madres diferentes, pero con similares condiciones corporales. Al transcurrir 15 días de la preselección, se eligió y pesó un grupo de 12 animales machos castrados, a la edad de 120 días, con un peso promedio de 40 kg y vacunados contra la peste porcina clásica.

### **3.6.2 Desparasitación.**

Los animales fueron desparasitados con levamisol al 12% mediante inyección por vía subcutánea en una dosis de 1ml por cada 30 Kg de peso vivo. La desparasitación se hizo una sola vez al inicio de la investigación.

### **3.6.3 Pesaje de animales**

Con el empleo de una balanza tipo reloj para colgar marca CAMRY, y mediante el empleo de un arnés para poder colgar en la balanza, se pudo tomar el peso de los porcinos en estudio. Estos datos fueron determinados cada siete días, a partir de las 7:00 am, antes del suministro de alimento.

### **3.6.4 Elaboración del alimento**

Para alcanzar un requerimiento de 16% de proteína, se utilizó un concentrado proteico comercial en una proporción de 30.77% y maíz molido fino (*Zea maíz L.*) con 69.23% dando un total de mezclado de 100%. Estos porcentajes se utilizó para calcular las cantidades de la mezcla de dichas materias primas en base al promedio de consumo de alimento de los cerdos durante la etapa de finalización, en donde un cerdo durante los 46 días consume un promedio de 105 kg de alimento, por lo tanto, para cada tratamiento que consta de cuatro animales, se utilizó un total de 420 kg de alimento, por lo que se obtiene que la cantidad de

mezcla para el maíz es de 129.23 kg y para el concentrado proteico es de 290.77 kg de alimento.

En cuanto a la cantidad de mezcla del hidrocloreuro de ractopamina se calculó de acuerdo a las dosis respectivas de cada tratamiento y en base al promedio de consumo de alimento, dando como resultado 0.11 kg para la dosis de 250g/Tm de concentrado y 0.22 kg para la dosis de 500g/Tm de concentrado, como indica la tabla 4.

**Tabla 4**  
*Elaboración del alimento para cada tratamiento.*

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Maíz	Kg	129.23	129.23	129.23
Concentrado proteico	Kg	290.77	290.77	290.77
Hidrocloreuro Ractopamina	Kg	0	0.11	0.22
Total	KG	420.00	420.11	420.22

**FUENTE:** (Elaboración propia)

### **3.6.5 Mezcla y suministro del alimento**

La mezcla de alimento se efectuó pesando las cantidades de maíz, concentrado proteico y la dosis de hidrocloreuro de ractopamina de cada tratamiento. El concentrado proteico polvo y el maíz molido con una granulometría de 3.17 mm, se mezclaron en cantidades idénticas para todos los tratamientos, mientras que el hidrocloreuro de ractopamina solo se adicionó a la mezcla del T2 y T3, finalmente al obtener las mezclas de cada tratamiento se procedió a pesar en sacos de 40kg los mismos que fueron identificados según el tratamiento correspondiente.

La máquina que se utilizó para mezclar lo más homogéneamente el alimento, es una mezcladora vertical de la marca RUMAN con una capacidad de 700 kg. Para pesar la ración del alimento se utilizó una balanza marca Diamond, mediante la cual se pesó la cantidad de

consumo de alimento según el peso del animal. El alimento se suministró 50% en la mañana y 50% en la tarde.

### **3.6.6 Determinación de los niveles de grasa dorsal.**

Al final de la investigación cuando los cerdos cumplieron 166 días de edad, con un peso aproximado de 100 kg de peso vivo se utilizó un ecógrafo doppler para determinar el nivel de grasa dorsal en los 12 cerdos. Esta actividad se realizó con una previa limpieza de los cerdos y la aplicación de una cierta cantidad de aceite vegetal en la zona a evaluar a la altura de la décima costilla, procediendo luego a colocar la almohadilla del transductor con una leve presión en dicha zona para poder observar y capturar la imagen del nivel de grasa de cada uno de los cerdos en la cámara portátil.

### **3.6.7. Rendimiento a la canal.**

Finalmente se procedió a pesar los cerdos seleccionados aleatoriamente, antes y después del sacrificio para obtener la relación del porcentaje de rendimiento a la canal.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en la investigación fueron analizados a través del paquete estadístico INFOSTAT versión 2016, los cuales se presentan a continuación:

### 4.1 Consumo de alimento total

Los valores promedios de consumo de alimento total de las unidades experimentales (Tabla 5) indican que el T3 resultó tener un mayor consumo de alimento con un valor de 106.79 kg, seguido de un 2.75% menos para el T2 y por último un 5.88% menos de consumo de alimento ofrecido para el T1 que corresponde al testigo con respecto al T3.

**Tabla 5**

*Valores promedio de consumo de alimento total en kilogramos (kg).*

REPETICIÓN	TRATAMIENTO		
	T1	T2	T3
R1	101.83	102.79	102.79
R2	102.79	106.99	111.73
R3	97.56	103.55	102.75
R4	99.91	102.14	109.90
<b>Promedio</b>	<b>100.52</b>	<b>103.86</b>	<b>106.79</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Una vez realizado el análisis estadístico (Tabla 6) se determinó que si existió diferencia significativa para los tratamientos con respecto a la variable consumo de alimento total ( $F=6,03$ ,  $gl=2,6$ ;  $p=0.0366$ ), con un coeficiente de variación de 2.50%.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza para el consumo de alimento total.*

F.V.	G <sub>T</sub>	G <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	6	4067.14	<0.0001
Tratamiento	2	6	6,03	0.0366*
<b>p &gt; 0.05= Diferencia no significativa</b>				<b>p &lt; 0.05= Diferencia significativa</b>
				<b>CV:2.50%</b>

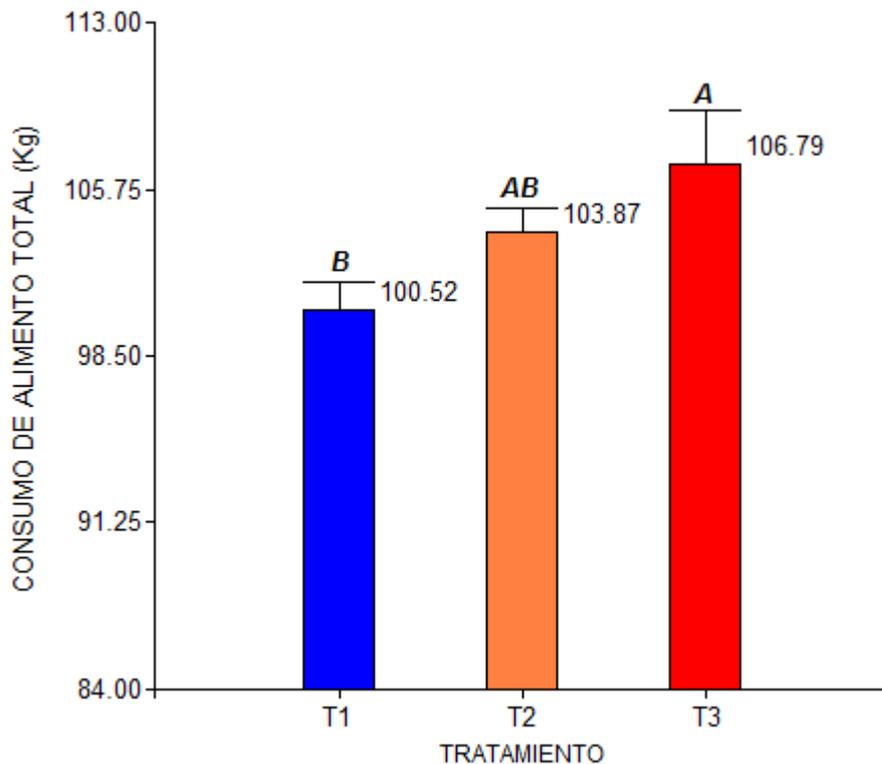
**FV:** Fuentes de variación

**G<sub>T</sub>:** Grados de libertad del total.

**CV:** Coeficiente de variación

**G<sub>E</sub>:** Grados de libertad del error.

En la Figura 4, se observan los rangos en los que se encuentra los tratamientos de acuerdo a la prueba Fisher (5 %) (Anexo 6), donde se encontró que el T3 (106.79Kg) presenta el primer rango, al igual que el T2 (103.87Kg), que además de presentar el primer rango comparte también el segundo rango con el T1 (100.52Kg).



**FIGURA 4.** Consumo de alimento total.

Los resultados alcanzados en la presente investigación (Figura 4), son similares con lo que reporta Castillo (2006), quién obtuvo un promedio de consumo de alimento total de 109.9kg. Mientras que Saavedra (2007), determinó valores diferentes de 140.30Kg, al igual que Garay (2010), reportó un consumo de alimento total de 132,02Kg para concentrado en harina y 119,14Kg cuando se utilizó concentrado peletizado en la etapa de finalización. Sánchez en el 2012 en los diferentes tratamientos evaluados en cerdos Landrace x York, no obtuvo diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) para la variable consumo de alimento. Al igual que

Crome et al. (2001), Stites (2002) Y Williams (1994), quienes reportan una reducción en el consumo en cerdos alimentados con 1000g/Tm de hidrocloreuro de ractopamina.

Yen (1990), manifiesta que la adición de 20g/Tm de ractopamina en la dieta no afecta ( $P= 0,15$ ) la ganancia diaria de peso, pero reduce el consumo en 250 g/día. Considerando lo descrito anteriormente se puede apreciar que el autor en su investigación administró una dosis más alta de hidrocloreuro de ractopamina el cual ayudó a reducir el consumo de alimento en cerdos, como menciona Reyes en el 2001 quién dice que a medida que se aumenta la dosis, el consumo de alimento disminuye, ya que existe una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes en cerdos alimentados con hidrocloreuro de ractopamina. Sin embargo, White *et al.* (2000), en su investigación no encontró efecto del nivel de ractopamina sobre el consumo de alimento en cerdos alimentados con maíz y pasta de soya en la etapa de crecimiento y finalización, atribuyendo que las dietas no presentaron deficiencias o excesos de la adición de aminoácidos, ya que la eficiencia de utilización de los aminoácidos depende de su equilibrio en la dieta, alterando con ello el consumo de alimento (Sussenbeth, 2010).

Además es importante tener en cuenta que en la etapa de finalización los cerdos consumen entre el 70 y el 80% del total del alimento necesario en su vida productiva (Solórzano 2005).

#### **4.2 Peso semanal**

En la Tabla 7, se presenta los pesos totales semanales de los cerdos, empezando con el peso inicial de los cerdos y terminando con el peso final de los mismos que se obtuvo a los 46 días de investigación, en donde el T 1 alcanzó el menor promedio de pesos con un valor de 82,69 Kg seguido de un 7,53% más para el T2 y siendo superior el T3 con un 14,81% más de peso con respecto al T1.

**Tabla 7***Valores promedio de peso semanal en kilogramos (kg)*

SEMANA	DÍA	TRATAMIENTO		
		T1	T2	T3
<b>Peso inicial</b>	0	39.06	39.36	39.72
1	7	44.76	46.14	46.91
2	14	51.17	53.39	54.73
3	21	58.06	61.18	63.08
4	28	65.38	69.25	71,97
5	35	72.88	77.56	81.24
6	42	80.40	86.10	90,73
<b>Peso final</b>	46	<b>82.69</b>	<b>88.92</b>	<b>94.94</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Una vez realizado el análisis estadístico (Tabla 8) se determinó que no existe diferencia significativa para la interacción entre semana y tratamiento con respecto a la variable ganancia de peso semanal ( $F=1,61$ ,  $gl=14$ ;  $72$   $p=0.0979$ ). Con un coeficiente de variación de 4.91%.

**Tabla 8***Análisis de varianza para el peso semanal.*

F.V.	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	72	2380.64	<0.0001
<b>Semana*Tratamiento</b>	14	72	1.61	0.0979 ns

**p > 0.05** = Diferencia no significativa**CV:4.91%****p < 0.05** = Diferencia significativa**FV:** Fuentes de Variación**Gl<sub>T</sub>:** Grados de libertad del total.**CV:** Coeficiente de Variación**Gl<sub>E</sub>:** Grados de libertad del error.**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Los rangos en los que se encuentra los tratamientos (Figura 5) de acuerdo a la prueba Fisher (5 %) (Anexo 7), donde se encontró 15 rangos, destacándose en el primer rango la interacción del T3 con el día 46, compartiendo con el tratamiento 3 con el día 42, con promedios de 94.94 y 90.73 Kg, después se encuentra la interacción del T2 con los días 42 y 46 , obteniendo promedios de 88,92 y 86.10 Kg.

Los tratamientos dos y tres, son aquellos en los que se adicionó el HR a su dieta alimenticia, por lo que los cerdos de estos tratamientos adquirieron más peso en las últimas semanas (5 y 6) en comparación al T1(testigo) que se encontró entre el cuarto y quinto rango con una media de 82,69 Kg obteniendo el menor peso.

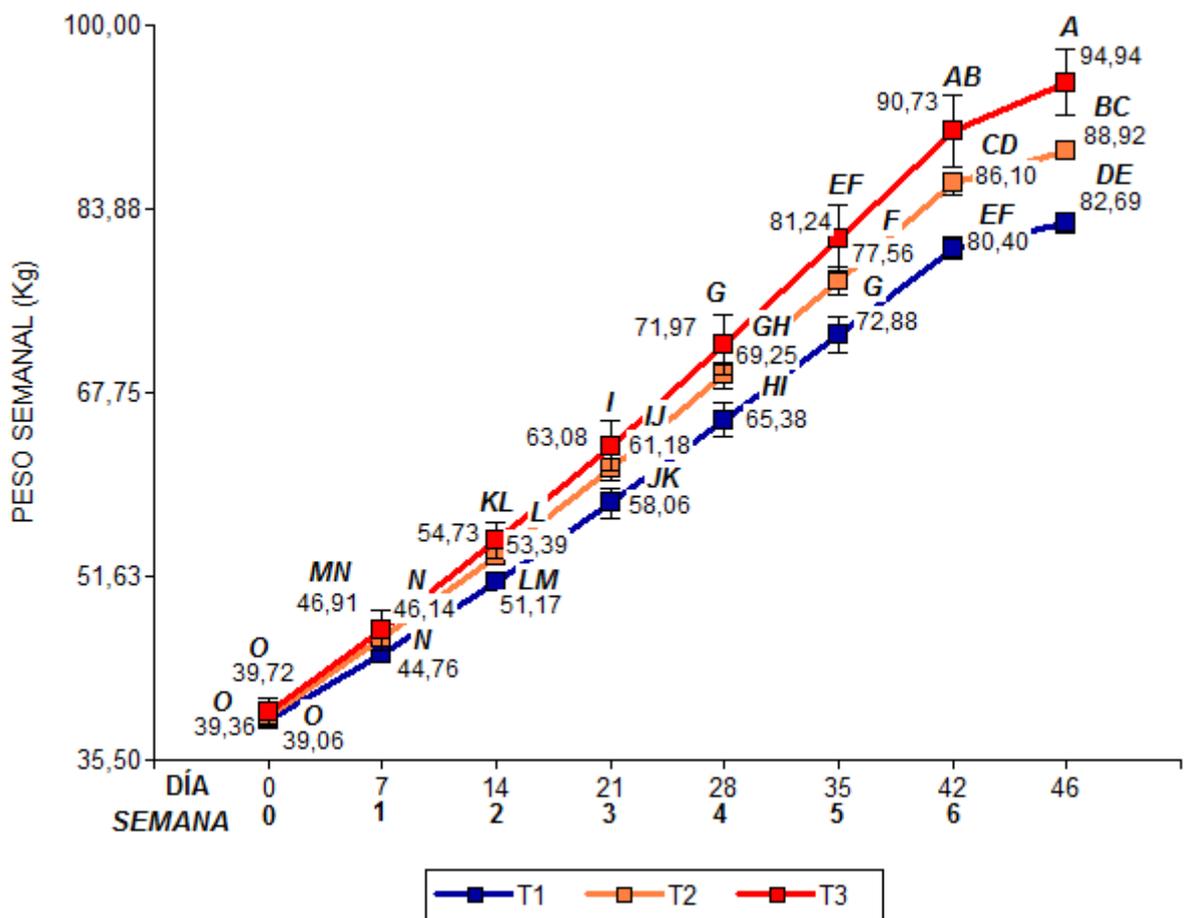


FIGURA 5. Curva de peso semanal.

La Figura 5 , muestra que el peso en la primera semana es similar para los tratamientos en que se adicionó el hidrocloreuro de ractopamina y el testigo, pero a partir de la segunda semana, se presenta una tendencia a incrementar la ganancia de peso para el T3 y el T2, lo que concuerda con el estudio de Rosales (2004) quién reporta un incremento de peso de los cerdos después de los 10 días de tratamiento con HR en dosis de 500 g/Tm, esto se debe a que el efecto de la ractopamina se activa a través del tiempo (Casa,2013). Los receptores  $\beta$  agonista de este producto se empiezan a desensibilizar cuando se utilizan dosis constantes, por lo que se produce una mayor masa muscular (Herr *et al.* 2001).

### 4.3 Ganancia de peso semanal

Los valores promedios de la ganancia de peso semanal de las unidades experimentales (Tabla 9) indican que el T1 alcanzó el menor promedio de ganancia de peso, con un valor de 6.89 Kg seguido de un 13.06% más para el T2 y siendo superior el T3 con un 23.36% más de ganancia de peso con respecto al T1.

**Tabla 9**

*Valores promedio de la ganancia de peso semanal en kilogramos (kg)*

SEMANA	TRATAMIENTO		
	T1	T2	T3
1	5.69	6.78	7.20
2	6.42	7.26	7.82
3	6.90	7.78	8.35
4	7.32	8.07	8.89
5	7.49	8.32	9.27
6	7.52	8.54	9.49
Promedio	<b>6.89</b>	<b>7.79</b>	<b>8.50</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Una vez realizado el análisis estadístico (Tabla 10) se determinó que no existió diferencia significativa para la interacción entre semana y tratamiento con respecto a la variable ganancia de peso semanal ( $F=0.55$ ,  $gl=10$ ;  $54$   $p=0.999$ ). Con un coeficiente de variación de 15.95%.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para la ganancia de peso semanal.*

<b>F.V.</b>	<b>Gl<sub>T</sub></b>	<b>Gl<sub>E</sub></b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
<b>(Intercept)</b>	1	54	1344.24	<0.0001
<b>Semana*Tratamiento</b>	10	54	0.55	0.999 ns

**p > 0.05** = Diferencia no significativa **CV:15.95%**  
**p < 0.05** = Diferencia significativa

**FV:** Fuentes de Variación

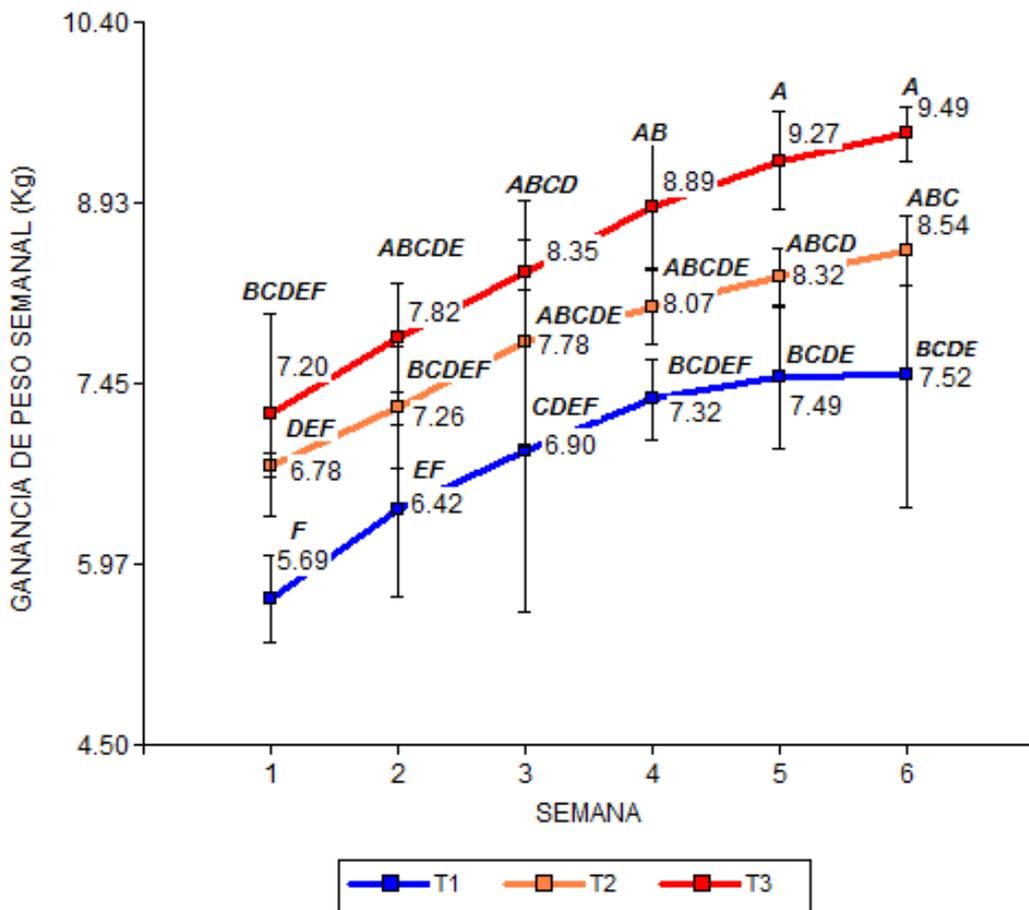
**Gl<sub>T</sub>:** Grados de libertad del total.

**CV:** Coeficiente de Variación

**Gl<sub>E</sub>:** Grados de libertad del error.

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Los rangos en los que se encuentran los tratamientos (Figura 6) de acuerdo a la prueba Fisher (5 %) (Anexo 8), se encontraron 6 rangos, destacándose en el primer rango la interacción del T3 con la semana seis y cinco, compartiendo con la interacción del T2 con las semanas:6,5,4 y 3. El segundo rango le corresponde al T3 con la cuarta semana, en el tercer rango se encuentra el T2 con la semana seis, el cuarto rango está la interacción del T3 con la tercera semana, el quinto rango le pertenece al T2 con la cuarta semana y en el último rango se encuentra el T1 con la cuarta semana.



**FIGURA 6.** Curva de la ganancia de peso semanal.

La Figura 6, muestra que la ganancia de peso semanal de los tratamientos que se adicionó el hidrocloreuro de ractopamina (T3 y T2) desde la primera semana se observa un incremento mayor de ganancia de peso en comparación al testigo y además se observa una tendencia a incrementar la ganancia de peso en cada semana. Aalhus (2009), manifiesta que las mejorías de ganancia de peso en cerdos alimentados con ractopamina están entre 10% a 20%. Ochoa (2007), en su estudio reporta una ganancia de peso promedio entre 7,10- 8,23 Kg en cerdos alimentados con ractopamina estos valores son menores en comparación a la ganancia de peso semanal alcanzada en la presente investigación en donde se obtuvo valores entre 7,79kg-8,50 kg en cerdos tratados con ractopamina.

#### 4.4 Ganancia de peso total

Los resultados obtenidos para la ganancia de peso total (Tabla 11) durante los 46 días, indican que el T1 presentó un promedio de 43,62 kg, seguido de un 13,61% más para el T2 y por último un 26.59% más para el T3 siendo superior en comparación al tratamiento uno y dos.

**Tabla 11**

*Valores promedio de la ganancia de peso en kilogramos (kg).*

REPETICIÓN	UNIDAD	TRATAMIENTO		
		T1	T2	T3
<b>R1</b>	Kg	44.45	49.45	51.09
<b>R2</b>	Kg	42.89	50.52	58.70
<b>R3</b>	Kg	42.46	48.59	53.49
<b>R4</b>	Kg	44.69	49.69	57.60
<b>PROMEDIO</b>	Kg	<b>43.62</b>	<b>49.56</b>	<b>55.22</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Una vez realizado el análisis estadístico (Tabla 12) se determinó que si existió diferencia significativa para los tratamientos evaluados en cerdos del cruzamiento Landrace-Pietrain con respecto a la variable ganancia de peso ( $F=31,38$ ,  $gl=2$ ;  $6$   $p=0.0007$ ). Con un coeficiente de variación de 4.17%.

**Tabla 12**

*Valores promedio de la ganancia de peso en kilogramos (kg).*

F.V.	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	6	4056.68	<0.0001
Tratamiento	2	6	31.38	0.0007*
<b>p &gt; 0.05 = Diferencia no significativa</b>			<b>CV:4.17%</b>	
<b>p &lt; 0.05 = Diferencia significativa</b>				

**FV:** Fuentes de Variación

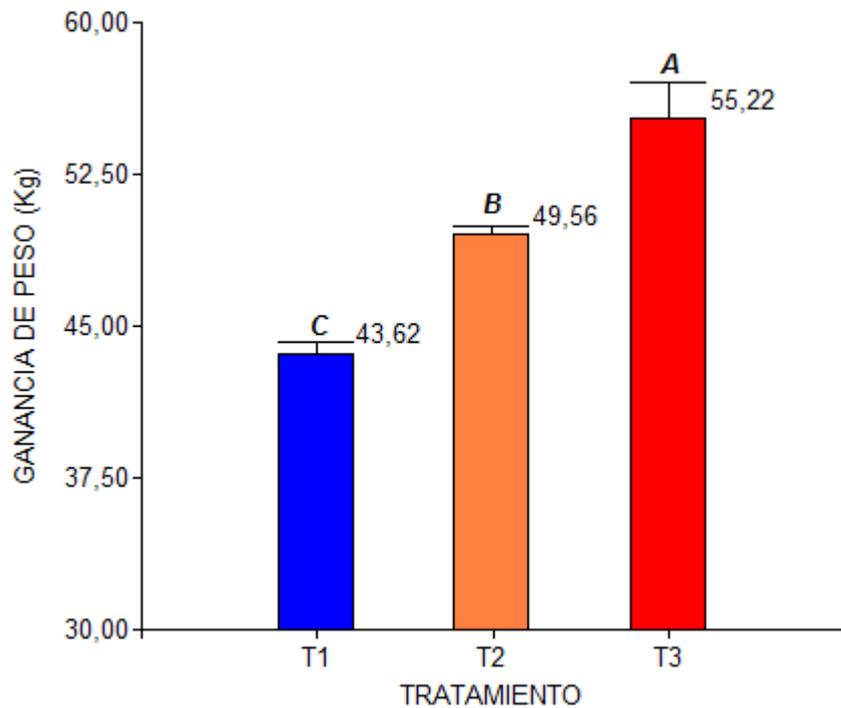
**Gl<sub>T</sub>:** Grados de libertad del total.

**CV:** Coeficiente de Variación

**Gl<sub>E</sub>:** Grados de libertad del error.

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

La Figura 7, muestra los rangos en los que se encuentran los tratamientos de acuerdo a la prueba Fisher (5 %) (Anexo 9), donde se encontró 3 rangos, ocupando el primer rango el T3 (55.22Kg), el segundo rango le corresponde al T2 (49.56Kg) en comparación al T1 (43.62Kg) que se encuentra ocupando el último rango.



**FIGURA 7.** Ganancia de peso total.

La figura 7, muestra que el T3, obtuvo mayor ganancia de peso (55,22Kg) durante 46 días en comparación al testigo lo que significa que este aditivo alimenticio, presentó un efecto en la ganancia de peso porque según Whittemore (1996), una unidad de tejido magro contiene un 75% de agua frente a una unidad de tejido adiposo que tiene un 20% agua. El hidrocloreuro de ractopamina al estimular la hipertrofia del músculo y reducir la deposición de grasa (Sainz *et al.*, 2004), aumenta el tejido magro y con ello la cantidad de agua, lo cual contribuye a que la ganancia de peso sea mayor.

Armstrong (2004), reportan un aumento de ganancia de peso cuando los cerdos se alimentan con ractopamina a 5-10 ppm. Al igual que Reyes (2001) quién obtuvo diferencias

significativas e incrementó la ganancia de peso en los cerdos al incorporar HR, mientras que Casa y Jiménez (2013), manifiestan que no encontraron diferencia significativa en la ganancia de peso entre los diferentes tratamientos evaluados en cerdos Landrace – York, esto se debe a que el peso varía dependiendo la composición genética de los cerdos Castillo (2006). Sánchez (2012), manifiesta que presentó diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ), además manifiesta que los cerdos tratados con ractopamina más complejo vitamínico y mineral por 35 días presentaron mayor ganancia de peso promedio con 58.45 kg en comparación al testigo con un promedio de ganancia de 40.66 kg.

Los resultados que reporta Sánchez son mayores en comparación a los resultados obtenidos en la presente investigación para la ganancia peso, en donde el T3 obtuvo una ganancia de peso promedio de 52,48 kg, mientras que Sánchez alcanzó una ganancia de peso superior debido a que adicionó a la dieta de los cerdos además de dicho aditivo, complejo vitamínico más minerales.

#### **4.5 Conversión alimenticia**

Los valores promedio de la conversión alimenticia durante la fase de finalización de cerdos (Tabla 13), muestran que el T1 obtuvo un índice de conversión alimenticia de 2.30, este valor es mayor en comparación a los tratamientos que se adicionaron el hidrocloreuro de ractopamina, donde el t2 alcanzó un 8.69% menos que el T1, mientras que el T3 obtuvo la conversión alimenticia más eficiente presentando un 16.08% menos que el T1. En cuanto a esta variable hay que recalcar que, en la industria porcina, mientras menor sea el valor de la conversión alimenticia más eficiente será.

**Tabla 13***Valores promedio de la conversión alimenticia*

REPETICIÓN	TRATAMIENTO		
	T1	T2	T3
R1	2.29	2.08	2.00
R2	2.39	2.12	1.90
R3	2.29	2.13	1.92
R4	2.22	2.06	1.91
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.30</b>	<b>2.10</b>	<b>1.93</b>

FUENTE: Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

El análisis de varianza (Tabla 14), con respecto a la variable conversión alimenticia muestra que existe diferencias significativas entre tratamientos ( $F=68.24$ ,  $gl=2$ ;  $6$   $p=0.0001$ ). Con un coeficiente de variación de 2.35%.

**Tabla 14***Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia*

F.V.	Gl <sub>T</sub>	Gl <sub>E</sub>	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	6	12042.93	<0.0001
Tratamiento	2	6	59.03	0.0001*
<b>p &gt; 0.05 = Diferencia no significativa.</b>			<b>CV:2.35%</b>	
<b>p &lt; 0.05 = Diferencia significativa.</b>				

**FV:** Fuentes de Variación

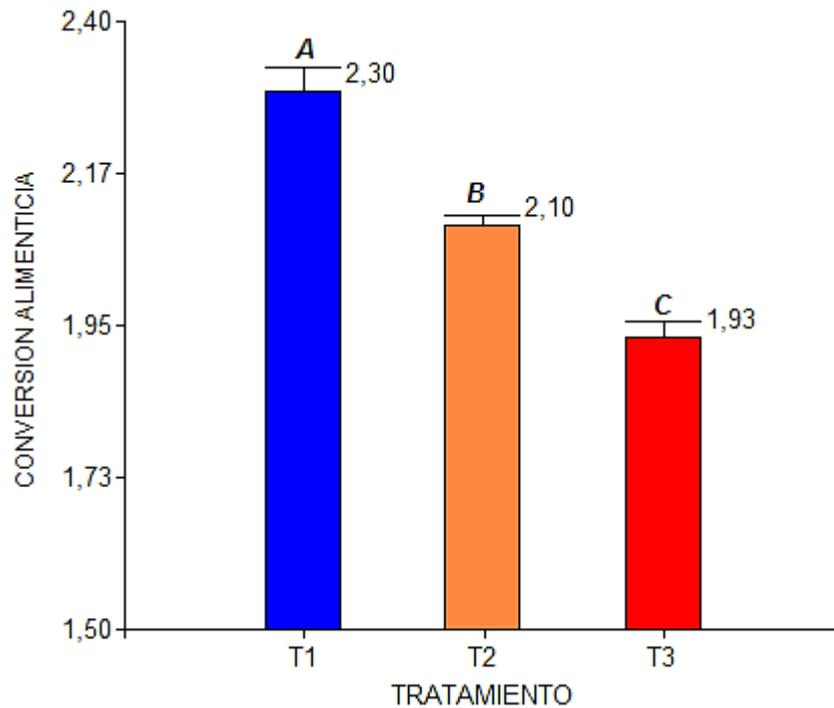
**Gl<sub>T</sub>:** Grados de libertad del total.

**CV:** Coeficiente de Variación

**Gl<sub>E</sub>:** Grados de libertad del error.

FUENTE: Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

En la Figura 8, se observa los rangos en los que se encuentra los tratamientos de acuerdo con la prueba Fisher (5 %) (Anexo 10), donde se encontró 3 rangos, ocupando el primer rango el T1 (2.30) el segundo rango le corresponde T2 (2.10) en comparación al T3 (1.93) que se encuentra ocupando el último rango por presentar el promedio más bajo de conversión alimenticia.



**FIGURA 8.** Conversión alimenticia.

La conversión alimenticia alcanzada (Figura 8) tanto para el T1, T2 y T3 se encuentra en el rango que menciona FAO (2012), en donde se concluye que, para alcanzar el éxito dentro de la producción de cerdos, los porcicultores deben mantener el índice de conversión alimenticia entre 2.0- 2.5, siendo necesario un plan alimenticio adecuado desde el nacimiento hasta la cosecha del animal (Sitjes, 2002).

Los cerdos que fueron alimentados con hidrocloreuro de ractopamina en la presente investigación mostraron una mejora en la conversión alimenticia comparada con el testigo. Estos resultados coinciden con Armstrong (2004), quién encontró una mejora en conversión alimenticia, cuando los cerdos fueron alimentados con H.R., esto se atribuye a un aumento en la disposición de proteína en el músculo, debido a la reorganización del uso de nutrimentos dentro el animal (Schinckel et al. 2001).

Reyes en el 2001 encontró una mejora en la eficiencia alimenticia a medida que aumenta la concentración de H.R. La conversión alimenticia obtenida en la presente investigación (Figura 8) es más eficiente al registrado por Sánchez en el 2012, quién en su estudio

determinó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en cuanto a la conversión alimenticia, es así que los cerdos que fueron tratados con ractopamina más complejo vitamínico y mineral por 35 días presentaron 2.40 de conversión alimenticia, en comparación a los cerdos alimentados sin H.R. sin vitaminas y minerales los cuales alcanzaron una conversión entre 2.50-2.77. No obstante, los resultados son menores a los obtenidos por Saavedra Polanco (1999) quien reportó una conversión alimenticia de 2.18, mientras que Lara Brito (2006) reporta un 2.22, González Aceituno (2006) de 2.61.

#### 4.5 Niveles de grasa dorsal

Los valores promedio de los niveles de grasa dorsal (Tabla 15) indican que, el T1 (Testigo) obtuvo el mayor nivel de grasa dorsal con un promedio de 19,35 mm en comparación a los tratamientos que se utilizó hidrocloreuro de ractopamina los cuales presentaron bajos niveles de grasa, para el T2 obtuvo un 18,76% menos y un 28,58% menos para el T3 con respecto al T1.

**Tabla 15**

*Valores promedio de los niveles de grasa dorsal en milímetros (mm).*

REPETICIÓN	UNIDAD	TRATAMIENTO		
		T1	T2	T3
R1	mm	21.3	17.5	14.00
R2	mm	20.5	15.00	12.00
R3	mm	17	14.00	13.80
R4	mm	18.6	16.40	15.50
<b>PROMEDIO</b>	mm	<b>19.35</b>	<b>15.72</b>	<b>13.82</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

El análisis de varianza (Tabla 16) con respecto a la variable niveles de grasa dorsal muestra que si existió diferencia significativa entre tratamientos ( $F=15.37$ ,  $gl=2;6$   $p=0.0044$ ). Con un coeficiente de variación de 8.79%.



Los resultados (Figura 9) indican que la inclusión de ractopamina en la dieta tiene efectos significativos en reducción del espesor de grasa dorsal, ya que el T3 con la dosis de 500g/Tm (10ppm) de H.R., se obtuvo 13.83mm de grasa dorsal con un peso de 94,94 kg, en comparación al testigo que alcanzó un nivel de 19.35mm con un peso de 82,69 kg, obteniendo así una diferencia estadística de 5.52 mm. Lo que significa que el hidrocloreto de ractopamina produce una disminución de grasa dorsal, debido a que, este aditivo siendo originario de los  $\beta$ -adrenérgicos estimulan la degradación de los adipocitos del triglicérido, la inhibición de los ácidos grasos, la síntesis del triglicérido en células y tejidos (Mersmann 1998). En el tejido adiposo la activación de los receptores  $\beta$ -adrenérgicos promueve la degradación de lípidos y reduce el contenido de grasa corporal (Armstrong et al., 2004). Además Muller en el 2000 manifiesta que el hidrocloreto de ractopamina reduce el contenido de grasa por medio de la reducción de la lipogénesis o incrementa la tasa de lipólisis en el músculo.

Reyes en el 2001 menciona que al utilizar la ractopamina en dieta de cerdos, redujo ( $P=0.001$ ) el espesor de la grasa dorsal, ya que obtuvo un mayor espesor de grasa en el testigo y en el tratamiento con 250 y 500 g/Tm, encontró una reducción de grasa alrededor 6 mm en comparación con el testigo. Ochoa en el 2007 también determina que la adición de ractopamina en la dieta redujo la deposición de grasa dorsal ( $P < 0.05$ ) en relación con el testigo.

Al igual que Crome *et al.* (2001); Prince (2001) y Uttaro (2006), quienes obtienen reducciones de espesor de grasa de 7.9 y 15.3 %, en cerdos tratados con 10 y 20 ppm de hidrocloreto de ractopamina. Por otra parte Stites *et al.* (2002), no encontró diferencia en el espesor de grasa dorsal a la décima costilla, con 0,250, 500 y 1000 g/Tm de ractopamina.

Sánchez en el 2012 reportó en su investigación que el espesor de la grasa dorsal en cerdos Landrace – York al sacrificio, presentó diferencia significativa ( $P < 0.01$ ), determinándose el menor espesor de grasa en los cerdos tratados con ractopamina más complejo vitamínico y mineral por 35 días con 11.17 mm, en comparación al testigo el cual presentó un nivel de grasa de 14.87mm obteniendo así una diferencia de 3.7 mm.

#### 4.6 Rendimiento a la canal

En la Tabla 17, se observa el porcentaje de rendimiento a la canal de tres cerdos, los cuales fueron seleccionados al azar uno de cada tratamiento obteniendo así, para el T1 un porcentaje de 66,07%, seguido de un 6.65% más para el T2 y siendo superior el T3 con un 8,02% más. En donde el T2 y T3, se encuentran en el rango de porcentaje a la canal que reporta Sánchez en el 2010, quién dice que los rendimientos medios comerciales para cerdos de 100 Kg peso vivo oscilan entre 70 -80%.

**Tabla 17**  
*Valores del rendimiento a la canal en porcentaje (%).*

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	PORCENTAJE (%)
T1	R3	66.07
T2	R3	72.72
T3	R4	74.09

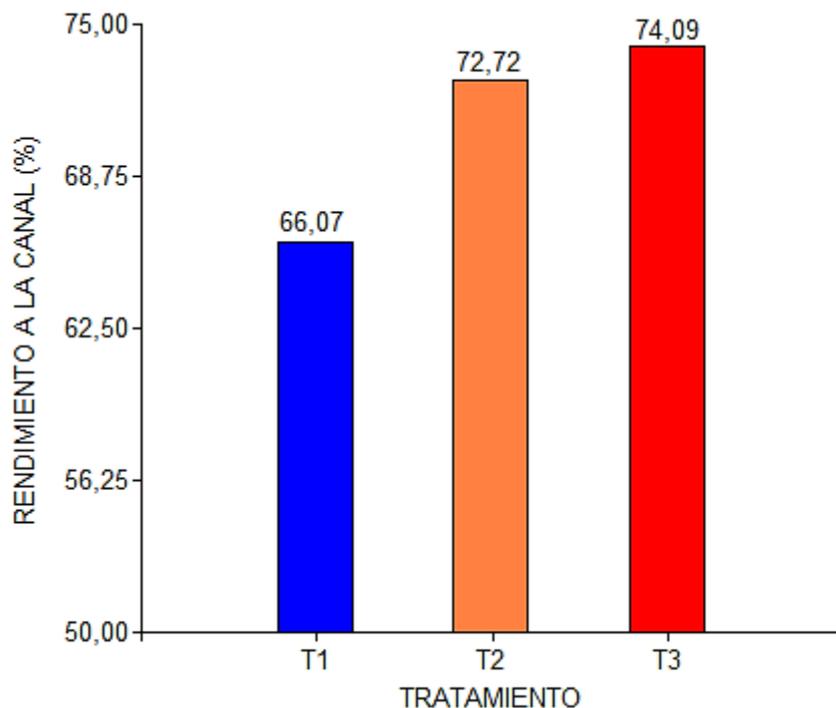
**FV:** Fuentes de Variación

**GI:** Grados de libertad del total.

**CV:** Coeficiente de Variación

**GE:** Grados de libertad del error.

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).



**FIGURA 10.** Rendimiento a la canal.

El aumento en el porcentaje de rendimiento a la canal (8,02%) en la presente investigación superó el porcentaje alcanzado por Williams et al. (1994) quién encontró un 4.8% de incremento de rendimiento de la canal al adicionar ractopamina en la dieta, Muller (2000), reportó un aumento de 1.4%, 3.8% y 5.1% con dosis de 5, 10 y 20 g de hidrocloreuro de ractopamina respectivamente.

Este aditivo funciona como un agonista  $\beta$ -adrenérgico (Muller, 2000), que estimula los receptores eta a nivel de la membrana celular, los cuales aumentan la actividad de las enzimas que inciden en la producción de carne magra, reduciendo la actividad de las enzimas que inciden en la producción de grasa, reemplazando 3.5 kg de grasa por 5 kg de carne magra a nivel de canal (Elanco, 2001). Sin embargo, Reyes en el 2001 indica que el adicionar hidrocloreuro de ractopamina en la dieta no tiene efectos significativos en el rendimiento de los cerdos, mientras que Stites *et al.* (2002), encontraron un incremento de 2% de rendimiento a la canal.

#### 4.7 Relación beneficio costo

Para el análisis económico (Tabla 18) se consideró, los egresos determinados por los costos de producción (Anexo 12) de los diferentes tratamientos y los ingresos fueron obtenidos con la venta de los cerdos en pie.

**Tabla 18**

*Análisis económico de los tratamientos.*

<b>CONCEPTO</b>	<b>T1 (USD)</b>	<b>T2 (USD)</b>	<b>T3 (USD)</b>
<b>EGRESOS</b>			
Cerdos	480.00	480.00	480
Alimentación	220.35	222.18	227.55
Hydrocloruro ractopamina	0.00	8.40	16.80
Desparasitante	0.27	0.30	0.32
Desinfectantes	0.04	0.04	0.04
Servicios básicos	0.92	0.92	0.92
Mano de obra	71.37	71.37	71.37
Otros	13.5	13.5	13.5
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>786.45</b>	<b>796.72</b>	<b>810.55</b>
<b>INGRESOS</b>			
<b>Venta de animales</b>			
Total kilogramos	320.75	355.68	379.74
Precio unitario kilo	3.95	3.95	3.95
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>1266.6</b>	<b>1404.94</b>	<b>1499.97</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	<b>1.61</b>	<b>1.76</b>	<b>1.85</b>
<b>UTILIDAD DE CARNE PRODUCIDA</b>			
Total kilogramos	320.75	355.68	379.74
Rendimiento a la canal (%)	0	6,65	8,2
<b>Total carne producido (kg)</b>	<b>0</b>	<b>23,65</b>	<b>31.13</b>

**FUENTE:** Datos obtenidos en campo (Elaboración propia).

Según el análisis económico detallado en la Tabla 18, todos los tratamientos mostraron rentabilidad en lo que concierne a la relación beneficio/costo, destacándose el T3 con un beneficio/costo de 1,85 dólares es decir por cada dólar invertido 0,85 centavos de dólar es

la utilidad, valor que supera al resto de tratamientos seguido del T2 con 0,76 centavos de utilidad por cada dólar invertido y por último incluye al T1 con un beneficio/costo de 1,61.

Tomando en cuenta, los ingresos por venta de los cerdos y asumiendo un pago igual para todos los tratamientos, los cerdos tratados con el producto obtuvieron la mejor utilidad ya que el hidrocloreuro de ractopamina, nos permite aumentar la masa muscular, reducir la síntesis de grasa así como también ayuda a mejorar la rentabilidad del porcicultor, volviéndolo competitivo en un mercado que día a día se vuelve más exigente (ASPE, 2012). En cuanto a la utilidad de carne producida se tomó en cuenta el total de kilogramos de los cerdos de cada tratamiento por el porcentaje del rendimiento a la canal, en donde se obtiene que el T2 y T3 generaron más kilogramos de carne con valores de 23,65Kg y 31.13Kg respectivamente.

#### **4.8 Hipótesis**

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa, en que, el adicionar hidrocloreuro de ractopamina en la etapa de finalización de los cerdos influye en la producción y calidad de carne.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Según el análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación. Se determina las siguientes conclusiones:

- Las unidades experimentales de los tratamientos T2 y T3 consumieron entre un 3.32% y 6.23% más alimento que el T1 (Testigo).
- Se determinó que los cerdos del T2 y T3, tratados con hidrocloreuro de ractopamina en la etapa de finalización, alcanzaron los mejores parámetros productivos en cuanto al peso final, ganancia de peso con promedios de 95,94 kg y 55.22 kg respectivamente, asimismo también presentaron la mejor conversión alimenticia con un índice de 1.93.
- Los niveles de grasa dorsal fueron menores para los cerdos alimentados con hidrocloreuro de ractopamina, obteniendo un promedio de 13.82 mm de grasa al adicionar a la dieta de los cerdos la dosis de 500g/Tm.
- Los rendimientos a la canal del T2 y T3 alcanzaron los mejores porcentajes con promedios de 72,72% y 74.09%, es decir, aumentaron entre 6,65% y 8,02% más que el T1, logrando un número mayor de Kg. de carne y obteniendo así una mayor rentabilidad.
- Los resultados de la relación costo beneficio demostraron que todos los tratamientos en estudio son rentables ya que se encuentran con una relación beneficio/costo mayor a uno, presentando la mejor rentabilidad el T3 (500g/Tm .de ractopamina), con un beneficio/costo de 1,85 dólares.

## 5.1 Recomendaciones

- Con los resultados alcanzados en la presente investigación se recomienda utilizar el aditivo hidrocloreuro de ractopamina en dosis de 500g/Tm de concentrado en cerdos machos en los últimos 46 días de edad para incrementar parámetros productivos y por ende obtener una mejor rentabilidad para el porcicultor.
  
- Evaluar los efectos de hidrocloreuro de ractopamina en la etapa de crecimiento o en la etapa de finalización, en un lapso diferente a los 46 días e incrementando la dosis de este aditivo.
  
- Replicar la presente investigación en cerdos machos y hembras de diferentes grupos genéticos y además determinar las características de la calidad de la canal en cuanto al color, Ph y pérdida de agua, en cerdos tratados con hidrocloreuro de ractopamina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aalhus, J. (2009). *The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing swine*. Canadian Journal 70: 943-952p.
- Armstrong, A., 2004. *The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs*. Journal Animal Science 82: 3245-3253.
- ASPE. *Datos Estadísticos Sector Porcino Ecuatoriano*. 2009
- Braun, R.O., Cervellini, J.E. 2010. *Producción Porcina: bienestar animal – salud y medio ambiente – etología - genética y calidad de carne – formación de recursos humanos – enseñanza de la disciplina en la universidad*. Ed. Nexo di Napoli. 276 pp.
- Brewer, M. S., Jensen, J., Sosnicki, A. Fields B, Wilson, B., McKeith, F. 2002. *The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh porkloin chops*. Meat Science 61: 14 – 20.
- Bundy, C. 2006. *Producción porcina*. 4 ed. México DF, M. Editorial Continental S.A 311p
- Carden, A. (2009) *Expected genetic changes in pork production*. Conferencia Plenaria. In; Proceedings of 46th International Congress of Meat Science &Technology. Bs As Argentina.
- Carrero. González, H (2008). *Manual de Producción Porcina*. SENA – CLEM, Tuluá.
- Casa, D. y Jiménez, M. (2013). *Uso de Ractopamina en cerdos en la fase de finalización, para mejorar los parámetros productivos*. (Tesis de pregrado).Universidad Central del Ecuador, Quito.

- Castañeda, N. 2001. *Manual básico de porcicultura*, 3 ed. Bogotá, C. Editorial Script Ltda. 14 p.
- Castillo, R. 2006. *Producción de cerdos*. (Tesis de pregrado). Escuela agrícola Panamericana ZAMORANO, Honduras. Academic Press. Pág.89.
- Campabadal, C. (2011). *Conceptos importantes en la alimentación de los porcinos. Guía técnica para productores de cerdo*, 2.
- Campabadal C., Ph. D. (2011). *Alimentación de los cerdos en condiciones tropicales*. México D.F: Segunda Edición. Pág. 76.
- Cepeda, F. (2006). *Producción Porcina*. Quito, Ecuador. Ed. Ministerio De Agricultura y Ganadería (MAG). p.113.
- Convey, E.M.; Rickes, E.; Yang, Y.T.; McElligot, M.A.; Olson, G. *Effects of the beta-adrenergic agonist L-644,969 on growth performance, carcass merit and meat quality*. Proc. Recip. Meat Conf. 1987, 40, 47–55.
- Crome, P., Jones. D. H. Mowrey., J. E. Cannon. (2001). *Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms*. J. Anim. Sci. Vol. 74 (4): Pág. 709-716
- Cuarón, I. (2002). *Effectiveness of Ractopamine in presence of temperature and disease stress*. Proc.17th International PigVet. Soc. Oral-Invited Papers. June 2-5, Ames, Iowa, Vol.I.Pág.265. Recuperado en URL: [www.amvec.org/biblioteca/gdl/magistrales/09-Cuaron.doc](http://www.amvec.org/biblioteca/gdl/magistrales/09-Cuaron.doc).
- Chávez, J. 2011. *Requerimientos Nutricionales de los Cerdos en la Etapa de Finalización*. Edit. Albatros. pp. 128 – 13.

- Church, C. y Pond, V. 2000. *Fundamentos De Nutrición Y Alimentación De Animales*. 5a ed. México D.F. México edit. Limusa. pp. 89 -95.
- Dalla, O. S. 2001. *Comunicado técnico. Aspectos de nutrición relacionados con la crianza de cerdos en fase de crecimiento, terminación en granjas del sur del Brasil*. pp. 1 a 3.
- Easter, A. y Ellis, P. 2000. *Manual de Alimentación de Cerdos*. Recuperado de: <http://www.aacporcinos.com.ar>. 2008. Alimentación
- Echevarría, A; Parsi, J. y Rinaudo, (2010). *Evaluación de cerdos en vivo y sobre la res. II. Evaluación sobre la res. Espesores de grasa dorsal como predictores del rendimiento de carne magra en cortes valiosos*. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 8 N° 1: 57-65.
- Elanco Animal Health. 2001. *Technical Manual from Paylean®. Mode of action*. Division of Eli Lilly and Company. Indianapolis, Indiana, 46240. USA.
- Escamilla, L.2010. *El cerdo, su cría y explotación*. 19 ed. Lima, P. Editorial Continental. 275 p.
- Estévez, B. 2005. *Alimentos para Cerdos Mejorados y Parámetros Productivos*. Edit. Acribia. México D.F. pp. 34-38.
- Espinosa, A. (2005). Hogares juveniles campesinos. *Manual Agropecuario. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Biblioteca del Campo*. Bogotá. Colombia.
- FEDNA, (2006). *Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA*. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España.

- García, C. (07 de Agosto de 2014). *Nutrición Práctica del Cerdo*. Recuperado de: Centro de Información de Actividades Porcícola: (<http://www.engormix.com/>)
- García, A., A.M. González., Y. Moya., U. Hernández., T. Beldarían e I. Rodríguez (2007). *Merms y rendimientos en el proceso de sacrificio del ganado porcino*. Disponible en [http://www.iip.co.cu/RCP/192/192\\_15artAGcia.pdf](http://www.iip.co.cu/RCP/192/192_15artAGcia.pdf)
- García C., Guevara G., Martínez B. (2007). *Técnicas para la elaboración de premezclas minerales: Cerdos*. México. Pag.1-35.
- Garay, D. 2010. *Efecto del uso de alimento balanceado peletizado desde el inicio hasta el engorde en la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de Yojoa, (Tesis de pregrado)*. Escuela agrícola Panamericana ZAMORANO, Honduras.
- González, F. 2009. *Fundamentos de Crecimiento y Evaluación Animal*. Victoria, BC, Canadá. 170p.
- Gresham, J. (2001). *Estimating Beef Cattle Composition and Market Quality by Use of Ultrasound: an International Technology to Improve Livestock Quality* - Pie Medical Eq.
- Harden, T. (2013). *Agonist-induced desensitization of the beta- adrenergic receptor-linked adenylate cyclase*. Journal of Pharmacology. Pág. 35: 5-32.
- Herring, O. (2005). *Comparison of four Real-Time Ultrasound Systems that Predict IMF in Beef Cattle* - S-132 Animal Science Unit, University of Missouri - Colombia
- ITP (Institut Internacional du porc). (2001). *Manual del porcicultor*. Editorial Marfil. 422 pág. 19-22.

- Jiménez, M. (2013). *Uso de Ractopamina en cerdos en la fase de finalización, para mejorar los parámetros productivos*. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Lloveras, M; Carden, A; Borrás, F. 1990. *Comparación de predictores de la composición corporal en cerdos vivos*. Informe Técnico N° 234.
- Marchant-Forde, J.; Lay, J.; Richert, D.; Schinckel, B. y Pajor, A. 2003. *The effects of Ractopamine on behavior and physiology of finishing pigs*. Journal of Animal Science, 81: 416-422p.
- Dirección General de Normas. (2003). Productos Pecuarios. *Carne de Porcino en Canal- Calidad de la Carne- Clasificación NMX-FF-081-SCFI- 2003*. México. D.F. Pág.14.
- Mersmann, J. (2008). *Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action*. J. Anim. Sci. Pág 160–172.
- Miller, M. (1995). *Real-Time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus area. Description of age and weight effects. II - Relationship between real-time measures and carcass retail yield* - J.An.Science.
- Mora, I. 2002. *Nutrición animal*. Edit. EUNED. Zaragoza, España. Pág. 13 – 29
- Muller, R.D., (2000). *Technical Manual. Publicado por Elanco Animal Health, División de Eli Lilly and Company*. A-I. Rueff L., 2002. Practitioner experience using Ractopamine. Recuperado en URL: [www.amvec.org/biblioteca/con\\_gua.php](http://www.amvec.org/biblioteca/con_gua.php).
- National Research Council (NRC). (2005). *Nutrient Requirements of Swine*. Ninth Revised Edition. National Academy Press, Washington .D.C.

- Nelson, D. y Cox, M.(2008). *Lehninger Principios de Bioquímica*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Noblet J. (2010). *Desarrollos recientes y nuevas perspectivas en la valoración de alimentos para Ganado porcino. Memorias XXVI Curso de especialización FEDNA*. Avances en Nutrición Animal. Madrid. Pág. 131-148
- Ochoa, E. (2007). *Evaluación de dos fuentes de Ractopamina en la dieta de finalización de cerdos* (Tesis de pregrado). Escuela agrícola Panamericana ZAMORANO, Honduras.
- Padilla, M. (2001). *Algunas recomendaciones prácticas sobre alimentación y manejo de cerdos*. Trabajo mimeografiado. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José. Costa Rica. 9p
- Pérez, P. (2007). *Manual de Porcicultura y parámetros productivos*. Primera edición, Pág. 96.
- Prince, T. J., Huffman D. L., Brown P. M., and Gillespie J. R (2001). *Effects of ractopamine on growth and carcass composition offinishihg swine*. J. Anim. Sci.65
- Price, J. F. (2005). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Calidad de la carne de cerdos*. Universidad de Córdoba (España). Editorial Acribia, Zaragoza (España).Pág. 381-405
- Ramos, D. 2007. *Efecto de la adición de Microorganismos Eficaces (EM´s) a la dieta de cerdos en engorde*, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 18p.

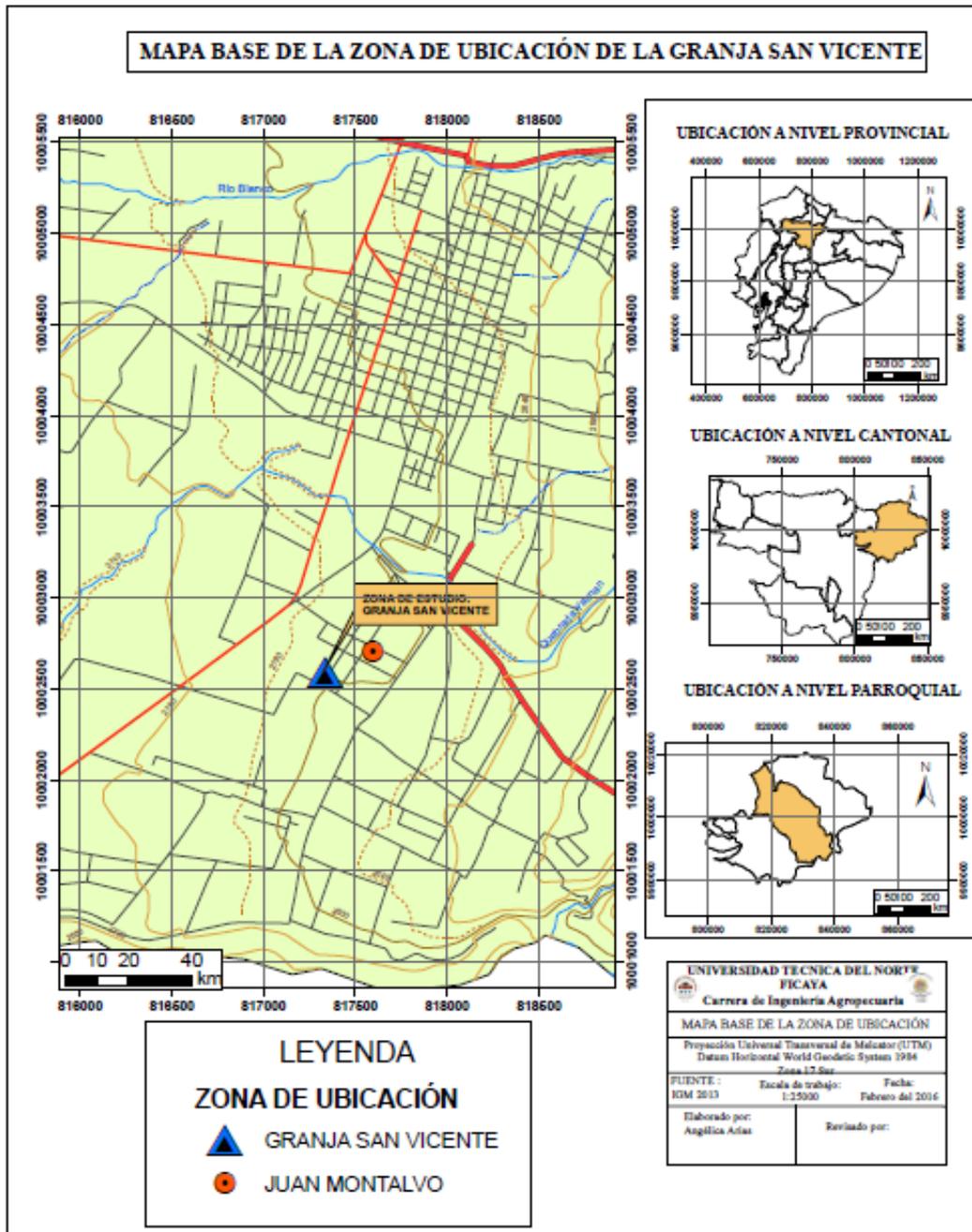
- Reyes B. y Ramón H (2001). *Efecto de la adición de Paylean® en la dieta de finalización en cerdos*. (Tesis de pregrado). Escuela agrícola Panamericana ZAMORANO, Honduras.
- Reybrouck G. (2011). *Evaluation of the antimicrobial activity of disinfectants. In Principles and practice of disinfection, preservation and sterilisation*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 826 págs
- Rosales, E. (2004). *Efecto de Paylean sobre la calidad de la carne de cerdo*. (Tesis de pregrado). Zamorano, Honduras.
- Rodríguez, J. 2002. *Paylean®. Elanco Animal Health Andean Caribbean Basin Region*. 20p.
- Romer LAB (2012) *Residuos de drogas veterinarias*. Recuperado en [URL:www.romerlabs.com/es/knowledge/veterinary-drug-residues/](http://www.romerlabs.com/es/knowledge/veterinary-drug-residues/)
- Saavedra, H. (2007). *Evaluación de cuatro programas de alimentación de cerdos desde el inicio hasta el engorde*. Tesis de pregrado). Escuela agrícola Panamericana ZAMORANO, Honduras.
- Sánchez, M. (2012). *Valoración de la respuesta productiva del magrovit (ractopamina + complejo vitamínico - mineral) en engorde de cerdos*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Sainz R. D. and Kim Y. S. (2004) *Interrelationships Between Sex and Ractopamine on Protein and lipid deposition in Rapidly Growth Pigs*. J. Anim. Sci. 71:2919-2930
- Stites, C. R, Mackeith F. K., Singh S. D., Bechtel P. J., Mowrey D. H. , and Jones D. J. (2002). *The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine*. J. Anim. Sci. 69: 3094-3101

- Solórzano, R. (2005). *Alimentación básica del cerdo*. Edifarm.
- Stouffer, J. (1999). *Ultrasound Grading of Carcasses. In new technology for carcass grade and quality assessment*. - Proceeding of the First Annual Symposium of the Canadian Meat Science Ass.
- Sussenbeth, A. (2010). *Factors affecting lysine utilization in growing pigs: an analysis of literature data*. Livest. Prod. Sci., 43: 193-204.
- Schinckel A. P., Forrest J. C., Kuei C. H. and Watkins L. E. (2000). *Effects of Ractopamine, Genotype, and Growth Phase on Finishing Performance and Carcass Value in Swine; I. Growth Performance and Carcass Merit*. J. Anim. Sci. 69:2685-2693.
- Torres, V. (2012). *Desarrollo y engorde. En Producción de Pequeños Rumiantes y Cerdos* (pág. 130). España: Mundiprensa.
- Tipanluisa, F. (2014). *Evaluación de tres variedades de trigo locales con tres tipos de manejo de la nutrición*. Universidad Politécnica Salesiana. Juan Montalvo, Cayambe.
- Uttaro B. E., Ball R. O., Dick P., Rae W., Vessie G., and Jereniah L. E. (2006). *Effect of Ractopamine and Sex On Growth, Carcass Characteristics, Processing Yield, and Meat Quality Characteristics of Crossbred Swine*. J. Anim. Sci. 71:2439-2449.
- Williams, N. 1994. *The impact of Ractopamine, energy intake, and dietary fat ton finisher pig growth performance and carcass*. Journal Animal Science. 72: 3152-3162.
- Witte, D.P., Millis, M., McKeith, F.K. and Wilson, E.R. (2000). *Effect of dietary lysine and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork*. J. Anim. Sci., 78: 1272-1276.

- Wilson, D. (2003). *Real-Time ultrasonic evaluation of beef cattle* - Iowa State University /  
Ultrasound Precertification Training Program.
- Widmer, W. (1999). *Basic principles of Ultrasound Imaging. Veterinary Diagnostic  
Ultrasound* - Purdue University.
- Yen J. T., Mersmann H. J., Hill D. A. and Pond W. G. 1990. *Effects of Ractopamine on  
Genetically Obese and lean Pigs*. 1. Anim. Sci. 68:3705-3712.
- Zanotto, D., Bellaver, C., (2004). *Método de determinación de granulometría de  
ingredientes para uso en raciones en cerdo y aves*. Comunicado técnico, ISSN 0100-  
8862. EMBRAPA, pág.5.

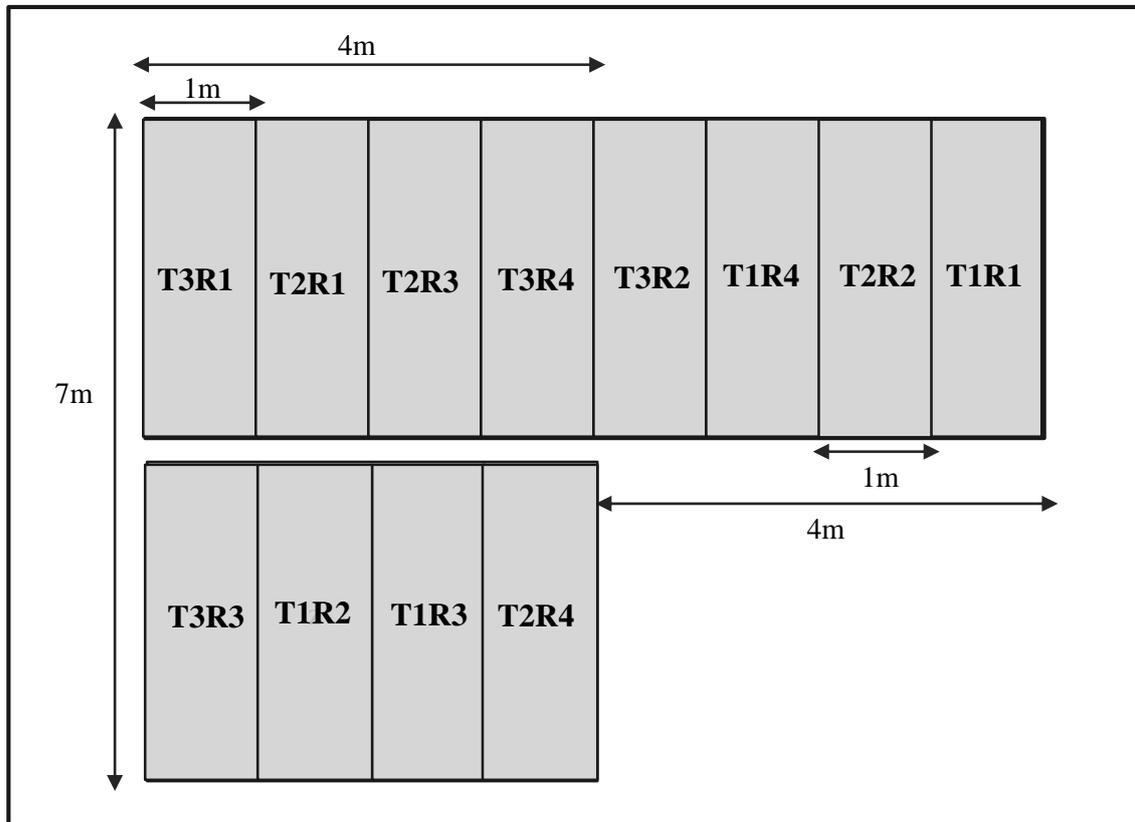
# ANEXOS

## Anexo 1. Ubicación del área de estudio.

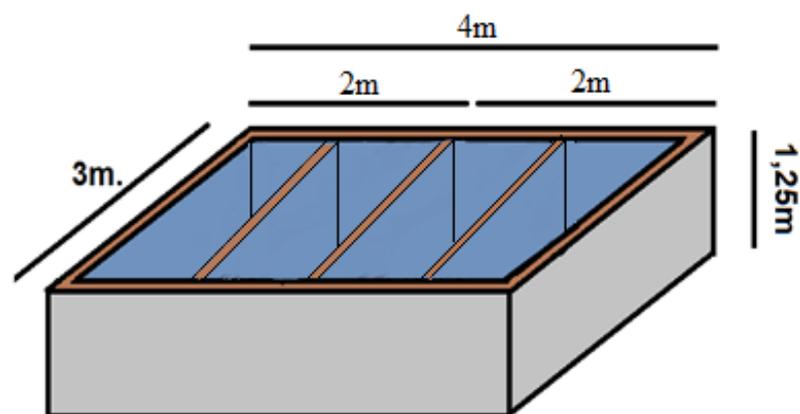


FUENTE: (Elaboración propia)

## Anexo 2. Croquis del experimento



Dimensiones de las jaulas



FUENTE: (Elaboración propia)

**Anexo 3. Ficha técnica de Hidrocloruro de Ractopamina.**

**FICHA TECNICA PAYLEAN® 20**

<b>Nombre Genérico</b>	Clorhidrato de Ractopamina
<b>Forma Farmaceutica</b>	Premezcla
<b>Composición</b>	<b>Fórmula: Ingrediente Activo:</b> Clorhidrato de ractopamina .....20 g <b>Vehículo o Excipiente Inerte:</b> Mazorcas de maíz molidas, c.s.p.....1000 g
<b>Indicación</b>	<b>Paylean®20</b> es efectivo para aumentar la tasa de ganancia de peso, mejorar la eficiencia alimenticia, aumentar el porcentaje de rendimiento de canal e incrementar la carne magra en cerdos en finalización recibiendo una dieta nutricionalmente balanceada.
<b>Precauciones</b>	No ha sido determinado el impacto de la ractopamina sobre el rendimiento reproductivo en animales destinados a la reproducción. <b>MANTENER EL PRODUCTO FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.</b>
<b>Contraindicaciones</b>	N/A
<b>Advertencias</b>	No se debe utilizar en seres humanos. Los individuos con enfermedad cardiovascular deben tomar precauciones para evitar la exposición. El ingrediente activo de <b>Paylean®20</b> , clorhidrato de ractopamina, es un agonista beta -adrenérgico. Bajo condiciones normales de manejo y mezclado, la premezcla de <b>Paylean®20</b> tiene bajo potencial de generación de polvo. Al manipular y mezclar <b>Paylean®20</b> , utilice ropa protectora, guantes impermeables, equipo protector de los ojos, y una máscara a prueba de polvo. Los operadores deben lavarse bien con agua y jabón después de manipular el producto. En caso de contacto accidental con los ojos se deberá enjuagar minuciosamente y de inmediato con agua. Si la persiste la irritación, busque atención médica.
<b>Instrucciones</b>	<b>Instrucciones de Mezclado:</b> Todos los cálculos descritos en esta sección están hechos sobre una base de 90% de materia seca. Para asegurar una distribución homogénea de <b>Paylean®20</b> , se recomienda preparar una premezcla intermedia antes de mezclar con el alimento final luego, mezcle completamente esta premezcla intermedia de <b>Paylean®20</b> con alimento completo para cerdos conteniendo por lo menos 16% de proteína cruda, o que esté suplementado con aminoácidos conteniendo por lo menos 0.8% de lisina total, para obtener un alimento final conteniendo entre 5 a 20 ppm de ractopamina. <b>Instrucciones para la alimentación de los cerdos:</b> Proporcione continuamente como única ración alimento completo conteniendo ractopamina a los cerdos en finalización de no menos de 65 kg de peso, durante el período en que ganan aproximadamente los últimos 40 kg de peso antes del sacrificio.
<b>Dosis y Vía de Administración</b>	Adminístrese por vía oral a través del alimento como única ración. Las dosis recomendadas de clorhidrato de Ractopamina en el alimento final son: • 5 - 20 ppm para aumentar la tasa de ganancia de peso y mejorar la eficiencia alimenticia. 10 - 20 ppm para aumentar el porcentaje de rendimiento de canal e incrementar la carne magra.
<b>Presentaciones</b>	Saco X 10 Kilos
<b>Almacenamiento</b>	Evite exponer el <b>Paylean®20</b> a humedad y calor excesivo

**Fuente:** (Elanco Animal Health, 2001)

**Anexo 4.** Contenido nutricional del Concentrado Proteico.

<b>CONCENTRADO PROTEICO</b>	
Proteína cruda	34.0%
Grasa cruda	3.0%
Fibra	6.0%
Ceniza	12.0%
Humedad	13.0%

**FUENTE:** (Manual de Porcicultura de PRONACA)

**Anexo 5.** Tabla de consumo de alimento semanal.

<b>EDAD</b> (días)	<b>CONSUMO DE ALIMENTO</b> (kg/cerdo/semana)	<b>PESO VIVO</b> (kg/cerdo)
120-126	1.66	39.38
127-132	1.89	45.93
133-139	2.38	53,10
140-146	2.49	60.77
147-153	2.68	71.97
154-160	2.90	77.22
161-166	3.05	88,85

**FUENTE:** (Elaboración Propia)

**Anexo 6.** Prueba de Fisher para la variable consumo de alimento total.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E.</b>	<b>Rangos</b>
3	106.79	1.36	A
2	103.87	1.36	A B
1	100.52	1.36	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 7.** Prueba de Fisher para la variable de peso semanal.

DÍA	Tratamiento	Medias	E.E	Rango
46	3	94.94	1.58	A
42	3	90.73	1.58	A B
46	2	88.92	1.58	B C
42	2	86.10	1.58	C D
46	1	82.69	1.58	D E
35	3	81,24	1.58	E F
42	1	80.40	1.58	E F
35	2	77.56	1.58	F
35	1	72.88	1.58	G
28	3	71.97	1.58	G
28	2	69.25	1.58	G H
28	1	65.38	1.58	H I
21	3	63.08	1.58	I
21	2	61.18	1.58	I J
21	1	58.07	1.58	J K
14	3	54.73	1.58	K L
14	2	53.40	1.58	L
14	1	51.17	1.58	LM
7	3	46.91	1.58	M N
7	2	46.14	1.58	N
7	1	44.76	1.58	N
0	3	39.72	1.58	O
0	2	39.36	1.58	O
0	1	39.07	1.58	O

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 8.** Prueba de Fisher para la variable ganancia de peso semanal.

<b>SEMANA</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>
6	3	9,49	0.62	A
5	3	9.27	0.62	A B
4	3	8.90	0.62	A B C
6	2	8.54	0.62	A B C D
3	3	8.35	0.62	A B C D
5	2	8.32	0.62	A B C D
4	2	8.07	0.62	A B C D E
2	3	7.82	0.62	A B C D E
3	2	7.78	0.62	A B C D E
6	1	7.52	0.62	B C D E
5	1	7.50	0.62	C D E
4	1	7.32	0.62	C D E F
2	2	7.26	0.62	C D E F
1	3	7.20	0.62	C D E F
3	1	6.90	0.62	D E F
1	2	6.78	0.62	D E F
2	1	6.42	0.62	E F
1	1	5.69	0.62	F

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 9.** Prueba de Fisher para la variable ganancia de peso total.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E.</b>	<b>Rangos</b>
3	55.22	1.10	A
2	49.56	1.10	B
1	43.62	1.10	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 10.** Prueba de Fisher para la variable conversión alimenticia

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos
1	2.25	0.02	A
2	2.04	0.02	B
3	1.88	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 11.** Prueba de Fisher para la variable niveles de grasa dorsal.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos
1	19.35	0.72	A
2	15.72	0.72	B
3	13.83	0.72	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**FUENTE:** (Elaboración propia)

**Anexo 12.** Costos de producción de cerdos en la etapa de finalización de cada tratamiento.

T1 (TESTIGO)				
EGRESOS	UNIDAD	CONSUMO		
CONCEPTO		CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL DÓLARES
<b>CERDOS</b>	Cerdo	4.00	120.00	<b>480.00</b>
<b>ALIMENTACIÓN</b>	kg/alimento	<b>400.63</b>	<b>0.55</b>	<b>220.35</b>
Maíz	Kg	277.36		
Concentrado Proteico	Kg	123.27		
<b>ADITIVO</b>				
Hidrocloruro de ractopamina	G	0.00	0.00	<b>0.00</b>
<b>DESPARASITANTE</b>				
Levamisol	MI	4.82	0.057	<b>0.27</b>
<b>DESINFECTANTES</b>				
Amonio cuaternario CID 20	MI	3.32	0.011	<b>0.037</b>
<b>SERVICIOS BÁSICOS</b>				
AGUA	m <sup>3</sup>	1.28	0.72	<b>0.92</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Sueldos	Hora	30.5	2.34	<b>71.37</b>
<b>OTROS</b>				<b>13.5</b>
Fletes		1	2	2
Transporte	Pasaje	0.25	46	11.5
<b>EGRESOS TOTALES</b>				<b>786.45</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta de cerdos en pie	Kg	320.75	3.95	1266.96
<b>INGRESOS TOTALES</b>				<b>1266.96</b>
<b>UTILIDAD POR CERDO</b>				<b>120.12</b>
<b>BENEFICIO COSTO</b>				<b>1.61</b>

<b>T2 ( 250g/Tm)</b>				
<b>EGRESOS</b>		<b>CONSUMO</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL DÓLARES</b>
<b>CERDOS</b>	Cerdo	4.00	120.00	<b>480.0</b>
<b>ALIMENTACION</b>	kg/alimento	<b>403.96</b>	<b>0.55</b>	<b>222.2</b>
Maíz	Kg	279.66		
Concentrado Proteico	Kg	124.30		
<b>ADITIVO</b>				
Hidrocloruro de ractopamina	gr	105	0.08	<b>8.40</b>
<b>DESPARASITANTE</b>				
Levamisol	ml	5.3	0.057	<b>0.30</b>
<b>DESINFECTANTES</b>				
Amonio cuaternario CID 20	ml	3.32	0.011	<b>0.037</b>
<b>SERVICIOS BÁSICOS</b>				
AGUA	m³	1.28	0.72	<b>0.92</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Sueldos	Hora	30.5	2.34	<b>71.37</b>
<b>OTROS</b>				<b>13.50</b>
Fletes		1	2	2
Transporte	Pasaje	0.25	46	11.5
<b>EGRESOS TOTALES</b>				<b>796.72</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta de cerdos en pie		355.68	3.95	1404.94
<b>INGRESOS TOTALES</b>				<b>1404.94</b>
<b>UTILIDAD POR CERDO</b>				<b>152.05</b>
<b>BENEFICIO COSTO</b>				<b>1.76</b>

<b>T3 ( 500g/Tm)</b>				
<b>EGRESOS</b>		<b>CONSUMO</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL DÓLARES</b>
<b>CERDOS</b>	cerdo	4.00	120.00	<b>480.0</b>
<b>ALIMENTACIÓN</b>	kg/alimento	<b>413.73</b>	<b>0.55</b>	<b>227.6</b>
Maíz	kg	286.43		
Concentrado Proteico	kg	127.30		
<b>ADITIVO</b>				
Hidrocloruro de ractopamina	gr	210	0.08	<b>16.8</b>
<b>DESPARASITANTE</b>				
Levamisol	ml	5.6	0.057	<b>0.32</b>
<b>DESINFECTANTES</b>				
Amonio cuaternario CID 20	ml	3.32	0.011	<b>0.037</b>
<b>SERVICIOS BÁSICOS</b>				
AGUA	m³	1.28	0.72	<b>0.92</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Sueldos	Hora	30.5	2.34	<b>71.37</b>
<b>OTROS</b>				<b>13.50</b>
Fletes		1	2	2
Transporte	Pasaje	0.25	46	11.5
<b>EGRESOS TOTALES</b>				<b>810.55</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta de cerdos en pie		379.74	3.95	1499.97
<b>INGRESOS TOTALES</b>				<b>1499.97</b>
<b>UTILIDAD POR CERDO</b>				<b>172.36</b>
<b>BENEFICIO COSTO</b>				<b>1.85</b>

### Anexo 13. Mezcla del alimento

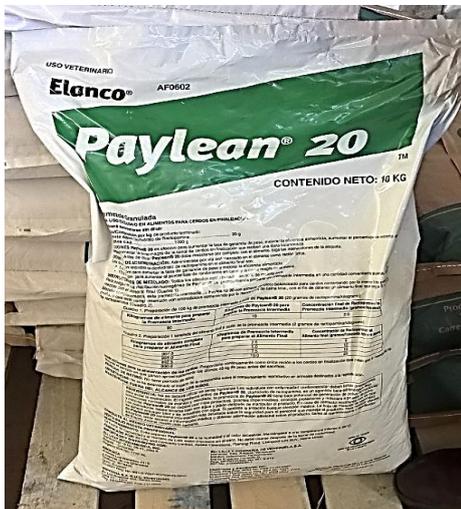
Concentrado proteico.



Maíz.



Paylean (Hidrocloruro de Ractopamina)



Dosificación de Paylean.



Mezcla con concentrado proteico y maíz.



Pre mezcla de Paylean con maíz.

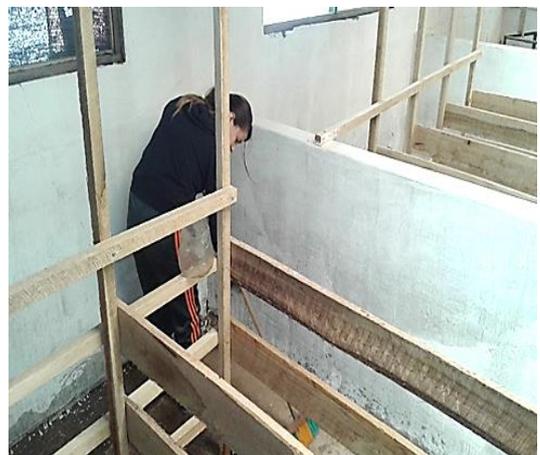
Mezcla final



**Anexo 14.** Implementación del área de investigación

Adecuación de jaulas.

Limpieza y desinfección.



Rotulación de las jaulas.



Medición del peso inicial de cerdos.



Desparasitación.



Ubicación de los cerdos en las jaulas individuales.



**ANEXO 15. Peso de los cerdos.**

**T1 (TESTIGO)**

**Peso Inicial**

28/10/2016



**PESO: 35.9 kg**

**Peso a los 16 días**

12/11/2016



**PESO: 50kg**

**Peso a los 30 días**

26/11/2016



**PESO: 61.81 kg**

**Peso Final a los 46 días.**

12/12/2016



**PESO: 76.36 kg**

**T2 (250g/Tm de Hidrocloruro de Ractopamina)**

Peso Inicial

28/10/2016



**PESO: 37.72 kg**

Peso a los 16 días

12/11/2016



**PESO: 54.09 kg**

Peso a los 30 días

26/11/2016



**PESO: 69.54 kg**

Peso Final a los 46 días.

12/12/2016



**PESO: 90.00kg**

**T3 (500g/Tm de Hidrocloruro de Ractopamina)**

Peso Inicial

28/10/2016



**PESO: 45.45kg**

Peso a los 16 días

12/11/2016



**PESO: 63.63 kg**

Peso a los 30 días

26/11/2016



**PESO: 80.9kg**

Peso Final a los 46 días.

12/12/2016



**PESO: 100kg**

## Anexo 16. Medición de niveles de grasa dorsal.

### Equipo Ecógrafo Doppler.



Limpieza de la zona dorsal



Ubicación de la almohadilla.



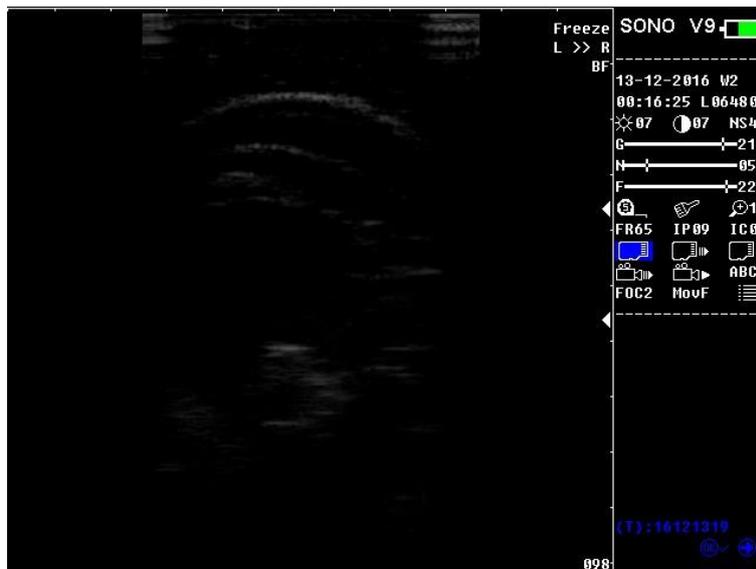
Captura de la imagen.



**Anexo 17.** Imágenes de evaluación de niveles de grasa de los cerdos por medio de ultrasonido.

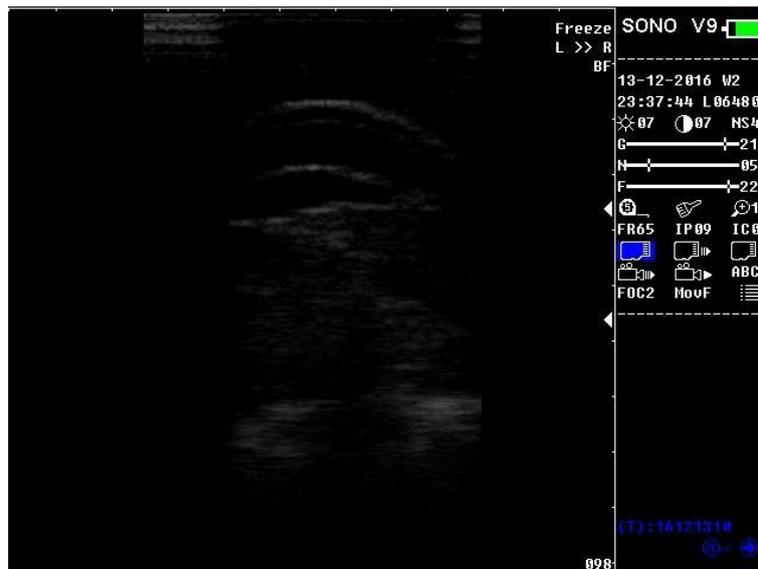
**T1R1**

EGD = 21.3 mm.



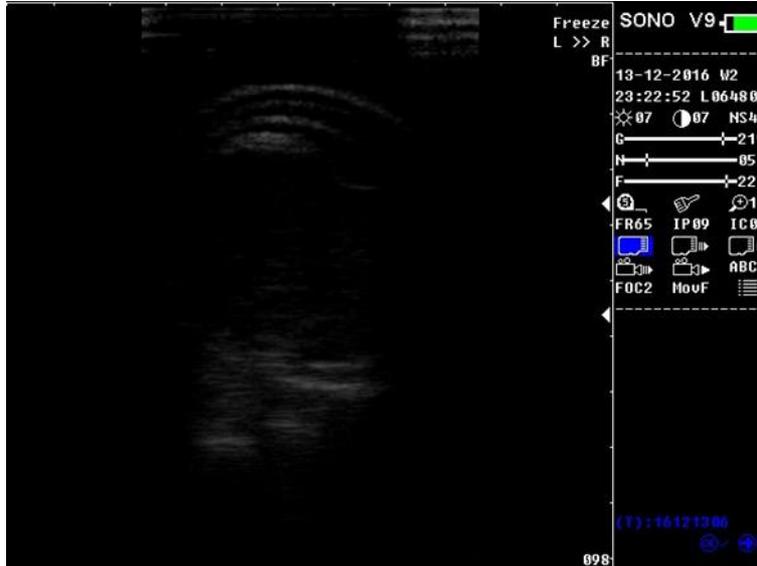
**T2R1**

EGD = 17.5 mm.



**T3R1**

EGD =14.0 mm



**Anexo 18. Faenamiento de los cerdos.**

Recepción



Corte de arterias.



Desangrado.



Escalpado.



Depilado.



Eviscerado.



Descuerado.



Peso a la canal.

