

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

Determinación de parámetros productivos y económicos en cerdos castrados e inmunocastrados, municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, El Salvador.

**Por:**

**GRISEL MARINELLA REYES BERMÚDEZ**

**San Salvador, mayo 2017**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

Determinación de parámetros productivos y económicos en cerdos castrados e inmunocastrados, municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, El Salvador.

**Por:**

**GRISEL MARINELLA REYES BERMÚDEZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**LICENCIADA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**San Salvador, mayo 2017**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**LIC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. CRISTOBAL HERNÁN RIOS BENITEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

---

**ING. AGR. LUDWING VLADIMIR LEYTON BARRIENTOS**

**DOCENTE DIRECTOR**

---

**ING. AGR. DAVID ERNESTO MARIN HERNÁNDEZ**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

---

**ING. AGR. ENRIQUE ALONSO ALAS GARCIA**

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en una granja porcina semi tecnificada ubicada en el Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, El Salvador. De septiembre del año 2015 a enero del año 2016. Consistió en determinar durante la etapa de engorde los parámetros productivos: consumo diario de alimento (kg), ganancia diaria de peso (g), peso vivo por edad (kg), conversión alimenticia (kg), porcentaje de mortalidad en engorde; y los parámetros económicos de presupuesto parcial y relación beneficio-costo, en 400 cerdos cruce de las líneas Topigs 40 y PIC Camborough® castrados quirúrgicamente sin anestesia a los 14 días de edad (T0 Cerdos control) y en 400 cerdos cruce de las líneas Topigs 40 y PIC Camborough® inmunocastrados con un tratamiento que contiene un análogo del factor liberador de gonadotropina-conjugado toxoide difteria (T1 Cerdos con péptido). La fase de engorde tuvo una duración de 22 semanas para todos los grupos en estudio. Los datos tomados para el cálculo de los parámetros productivos fueron: alimento ofrecido, alimento rechazado, peso vivo a los 70, 98, 126 y 152 días de edad. Los datos tomados para el cálculo de los parámetros económicos fueron: costo del concentrado de la granja, precio del kilogramo de carne en pie al momento del estudio, costo de la castración quirúrgica sin anestesia de la granja y costo de la inmunocastración. Para el análisis de datos se utilizó el modelo lineal en el software estadístico Infostat® (Di Rienzo, *et. al.* 2015), se trabajó con una probabilidad al 0.05. Los parámetros productivos de: consumo diario de alimento (kg), ganancia diaria de peso (g), peso vivo por edad y a la venta (kg), conversión alimenticia (kg) y porcentaje de mortalidad en engorde estadísticamente no presentaron diferencias entre ambos tratamientos. En el análisis económico los cerdos castrados quirúrgicamente presentaron un costo menor y una relación beneficio-costo mayor que los cerdos inmunocastrados, por lo que los cerdos castrados quirúrgicamente son más rentables que los cerdos inmunocastrados.

**Palabras claves:** cerdos, inmunocastración, castración quirúrgica, conversión alimenticia, ganancia diaria de peso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre a mi abuela y mi tía Maritza porque me ayudaron a llegar hasta el final.

A mis hermanas Naty, Josy y Beba por apoyarme emocionalmente durante toda mi carrera,

A mis asesores Ing. Agr. Ernesto Marín y al Ing. Agr. Santos Rogel por tener una paciencia y comprensión increíble y por apoyarme en cada momento de la tesis, sin ustedes no hubiera sido posible.

A Rafael Jovel por abrir las puertas de su granja y darme todos los recursos necesarios para la fase de campo.

A los trabajadores de la granja que me ayudaron con las castraciones, aplicación de vacuna, cada pesa y toma de datos, Ángel, Fermín, Rigo, Joel, Nery, Abraham, Adela, Porcho, Edwin, Calamardo, Macherano, Chicote, René y Don Tito.

A MV Eddy González por su gran ayuda y orientación en cada visita a la granja.

## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso porque Él a través de muchas personas me trajo hasta aquí.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1 Situación actual de la porcicultura a nivel mundial.....	2
2.2 Porcicultura en El Salvador.....	2
2.2.1 Producción y tecnificación de las granjas porcinas en El Salvador.....	2
2.2.2 Eficiencia productiva a nivel nacional.....	3
2.2.3 Consumo de carne de cerdo.....	3
2.2.4 Eficiencia ambiental.....	4
2.3 Avances genéticos y productividad.....	4
2.4 Etapas productivas del cerdo.....	4
2.4.1 Etapa de destete-transición.....	5
2.4.2 Etapa de crecimiento-engorde.....	5
2.5 Anatomía del aparato reproductor del verraco.....	6



2.6 Fisiología del aparato reproductor del verraco .....	6
2.7 Técnicas de eliminación de olor sexual en cerdos.....	7
2.7.1 Castración quirúrgica con y sin anestesia en cerdos.....	7
2.7.2 Inmunocastración en cerdos.....	8
2.7.3 Fisiología de la inmunocastración.....	9
2.7.4 Efectos de la inmunocastración.....	9
2.7.5 Efecto del consumo de carne de cerdo inmunocastrado en humanos...	10
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	11
3.1.1 Localización de la investigación.....	11
3.1.2 Duración de la investigación.....	12
3.1.3 Ubicación de la investigación.....	12
3.2 METODOLOGÍA DE CAMPO.....	12
3.2.1 Fase experimental.....	12
3.2.2 Distribución de los tratamientos.....	13
3.2.3 Manejo de los cerdos.....	14
3.2.4 Protocolo de aplicación de la vacuna de inmunocastración.....	14
3.2.5 Protocolo de castración quirúrgica sin anestesia.....	14
3.2.6 Registro de consumo de alimento.....	14
3.2.7 Pesaje de los cerdos.....	15
3.3 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.....	15

3.3.1	Diseño estadístico.....	15
3.3.2	Parámetros en estudio.....	16
3.3.2.1	Consumo diario de alimento en kilogramos.....	16
3.3.2.2	Ganancia diaria de peso en gramos.....	16
3.3.2.3	Peso vivo por edad y a la venta.....	16
3.3.2.4	Conversión alimenticia (CA).....	17
3.3.2.5	Porcentaje de mortalidad (%M).....	17
3.4.	METODOLOGÍA ECONÓMICA.....	17
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
4.1	Consumo diario de alimento en kilogramos.....	17
4.2	Ganancia diaria de peso en gramos (GDP) .....	20
4.3	Peso vivo por edad y a la venta.....	22
4.4	Conversión alimenticia (CA).....	23
4.5	Mortalidad.....	25
4.6	Costo de alimentación.....	26
4.6.1	Costo de T0 (Cerdos castrados quirúrgicamente) .....	26
4.6.2	Costo de T1 (Cerdos inmunocastrados).....	27
4.6.3	Costos que varían.....	27
4.6.4	Presupuesto parcial.....	28
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>29</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>31</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Grupos que conforman la prueba.....	14
<b>Cuadro 2.</b> Programa de alimentación de la granja de cerdos.....	16
<b>Cuadro 3.</b> Consumo de concentrado ajustado por etapa de alimentación.....	19
<b>Cuadro 4.</b> Ganancia diaria de peso ajustada por etapas y total.....	20
<b>Cuadro 5.</b> Peso ajustado por edad y peso vivo a la venta (kgs).....	22
<b>Cuadro 6.</b> Conversión alimenticia por etapa de vida y total (kg).....	23
<b>Cuadro 7.</b> Mortalidad total por tratamiento.....	25
<b>Cuadro 8.</b> Costo en dólares por kilogramo de concentrado.....	26
<b>Cuadro 9.</b> Presupuesto parcial.....	28
<b>Cuadro A-1.</b> Consumo Per Cápita en kilogramos a nivel Centroamericano para el año 2013.....	34
<b>Cuadro A-2.</b> Anatomía y fisiología del aparato reproductor del verraco.....	34
<b>Cuadro A-3.</b> Hoja de control de consumo de concentrado.....	35

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Consumo por etapa de concentrado en kilogramos para ambos tratamientos .....	19
<b>Figura 2.</b> Consumo de concentrado total en kilogramos para ambos tratamientos.....	20
<b>Figura 3.</b> Ganancia diaria de peso por etapa para ambos tratamientos.....	21
<b>Figura 4.</b> Ganancia diaria de peso total para ambos tratamientos.....	21
<b>Figura 5.</b> Pesas por edades para ambos tratamientos.....	23
<b>Figura 6.</b> Conversión alimenticia por etapa para ambos tratamientos.....	24
<b>Figura 7.</b> Conversión alimenticia total.....	24
<b>Figura 8.</b> Mortalidad total por tratamiento.....	25
<b>Figura A-1.</b> Secreción de Factor liberadora de gonadotropina (GnRF) en cerdos.....	36
<b>Figura A-2.</b> Castración quirúrgica en lechones.....	36
<b>Figura A-3.</b> Mecanismo de inhibición del olor sexual mediante la inmunización frente a Factor liberador de gonadotropina (GnRF) .....	37
<b>Figura A-4.</b> Apariencia física de los testículos en un cerdo inmunocastrado (izquierda) contra un macho entero (derecha). .....	37
<b>Figura A 5.</b> Mapa de ubicación del estudio.....	38
<b>Figura A-6 y 7.</b> Corrales donde fueron alojados los cerdos.....	39
<b>Figura A-8.</b> Lechones fuera de las cunas dentro de la galera de maternidad antes de ser trasladados al área de destete, los lechones marcados con rojo son con peso superior a 5.5 kgs.....	40
<b>Figura A-9.</b> Aplicación de vacuna de inmunocastración a cerdos enteros de 8 semanas de edad, sistema de jeringa especial (bolsa donde se coloca el frasco, jeringa y protector de aguja y manguera que conecta el frasco a la jeringa).....	40
<b>Figura A-10.</b> Procedimiento de la castración: forma de sujetar al lechón, escroto después de la castración y material (yodo, esponja y bisturí).....	41
<b>Figura A-11.</b> Pesa de grupo 2 a los 70 días.....	41
<b>Figura A-12.</b> Pesa grupo 2 a los 98 días.....	42
<b>Figura A-13.</b> Pesa grupo 7 a los 126 días.....	42
<b>Figura A-14.</b> Traslado del grupo 8 a los 152 días de edad hacia el rastro.....	43

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Hoja de toma de pesos en engorde.....	44
<b>Anexo 2.</b> Observaciones durante la prueba.....	45
<b>Anexo 3.</b> Ejemplo para cálculo para Ganancia Diaria de Peso.....	45
<b>Anexo 4.</b> Consumo total en kilogramos por fase de alimento por grupo.....	46
<b>Anexo 5.</b> Consumo total en kilogramos por etapa de edad por grupo.....	46
<b>Anexo 6.</b> Pesas para cada grupo y cada edad.....	47
<b>Anexo 7.</b> Ejemplo de cálculo para Conversión Alimenticia.....	48
<b>Anexo 8.</b> Tabla de mortalidad de cerdos durante el experimento.....	48

## 1. INTRODUCCIÓN

La carne porcina tiene alta demanda a nivel mundial por lo que se ha desarrollado más la producción intensiva; en El Salvador desde la década de los años ochenta las granjas tecnificadas han tenido auge en su tecnificación y actualmente son las que producen un 100% de la carne de cerdo comercializada en supermercados, así como el 90% de la carne de cerdo que se ofrece en los mercados de San Salvador y de las ciudades principales del país (ASPORC 2014).

Un defecto sensorial muy importante en la carne de cerdo de los machos es el olor sexual, el cual da gustos y olores anómalos a la carne (Perea s.f.). Debido a la presencia de este olor y que organolépticamente es desagradable para el consumidor es indispensable eliminarlo, ya que si no se elimina la calidad de la carne disminuye y por lo general es descartada en el rastro (UCE 2010).

Para eliminar este olor sexual tradicionalmente se utiliza la castración quirúrgica sin anestesia debido a su bajo costo, pero trae consecuencias indeseables para la producción como: estrés en los lechones, predisposición a una infección bacteriana secundaria e incremento de mortalidad por estas infecciones en el área de maternidad, disminuyendo la cantidad de lechones que llegan a destete y por lo tanto a engorde, ya en su fase de desarrollo y finalización de engorde los cerdos presentan un canal más graso y menor producción muscular (Verdezoto 2009).

Existe una alternativa a la quirúrgica y es la inmunocastración, menos dolorosa y acorde al bienestar animal. Esta técnica permite a los machos desarrollarse enteros y presentar un mejor desempeño productivo en comparación a machos castrados (Fábrega *et al.* 2009). Reduce los niveles de androstenona y escatol a niveles por debajo de los detectables (Font *et al.* 2009).

Existen estudios a nivel de granjas comerciales en países de la región centroamericana, Costa Rica, donde Corella (2014) demostró que hay una ligera mejora de parámetros productivos de los Machos inmunocastrados sobre los Machos castrados quirúrgicamente. En El Salvador se realizó una investigación comparando parámetros productivos en cerdos castrados e inmunocastrados (Padilla 2015) y concuerdan con los resultados de Corella (2014). El desarrollo de la presente investigación, pretende generar información nacional sobre el desempeño productivo de cerdos machos utilizando ambas técnicas de castración,

esto servirá de base a los porcicultores tecnificados para tomar decisiones sobre tecnologías de castración disponibles y cual es más conveniente para disminuir costos de operación y mejorar su rentabilidad en las granjas.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Situación actual de la porcicultura a nivel mundial**

La necesidad creciente de la humanidad de producir más alimento en menor tiempo ha llevado a que la porcicultura se tecnifique, al utilizar productos específicos para la alimentación e instalaciones en las que los animales permanecen confinados todo el tiempo. Con la porcicultura tradicional, los costos de producción son muy bajos al igual que la productividad. En el proceso de tecnificación de la producción se hace aplicación de técnicas y tecnologías innovadoras, en genética e infraestructura, derivada de la investigación y conocimiento adquirido por los productores y técnicos porcícolas (Gutiérrez 2008).

Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA 2014), la carne porcina es la más consumida en el mundo (43%), seguida por la aviar (33%) y luego la bovina (23%). Para el año 2013 la producción de cerdo en el mundo fue de 108 millones de toneladas, siendo los responsables: China (57%), Unión Europea (20%), EEUU (9%), Brasil (3%), Rusia (3%) y el resto del mundo (6%). El consumo per cápita para el año 2013 fue: Hong Kong encabeza la lista de los principales países consumidores de carne porcina con 75 kg, Belarus 42 Kg, Unión Europea 40 Kg, China 39 Kg y Taiwán con 38 Kg (USDA 2014).

### **2.2 Porcicultura en El Salvador**

#### **2.2.1 Producción y tecnificación de las granjas porcinas en El Salvador**

La porcicultura en Centroamérica es poco desarrollada en comparación con otras regiones en el mundo. En el año 2013 el número de vientres porcinos de los países de la región era: Costa Rica (40,000 vientres), Guatemala (30,000 vientres), Honduras (8,500 vientres), El Salvador (6,000) y Nicaragua (3,000 vientres). Para ese mismo año El Salvador fue el tercero en producción de carne de cerdo con 16,900 Toneladas métricas (Tm), Costa Rica en

segundo lugar con 49,939 Tm y Guatemala en primer lugar con 70,000 Tm (Reyes 2013).

La tecnificación de la porcicultura en El Salvador ha crecido con los años pero el número de vientres ha ido disminuyendo, esto se debe a la elevación de precios de la materia prima para la elaboración de concentrado, lo que obliga a los pequeños productores a retirarse del mercado, porque la producción se centra en unas pocas granjas<sup>1</sup>.

### **2.2.2 Eficiencia productiva a nivel nacional**

Debido a la tecnificación de la producción de carne de cerdo en El Salvador, los productores se han visto en la necesidad de utilizar nueva genética que sea más eficiente en la producción, ya que se necesita la mayor cantidad de carne de buena calidad en el menor tiempo posible. Por lo que las razas que se utilizaban antes (Landrace, Duroc, Yorkshire, etc. destetados a los 60 días con 12 kgs y 110 kgs en 48 semanas para el sacrificio) han sido sustituidas por dos genéticas: PIC Camborough® y Topigs-Norvisn Topigs 40. Estas dos líneas genéticas están diseñadas para que den la misma cantidad de carne y de mejor calidad (más magra) en menor tiempo (Destetados a los 21 días con 6 kgs y 110 kgs en 22 semanas para el sacrificio)<sup>1</sup>.

### **2.2.3 Consumo de carne de cerdo**

El Salvador es el segundo país que menos consume carne de cerdos en la región (cuadro A-1), las causas de ello son la mitificación del cerdo, las personas tienen un concepto de que el cerdo es un animal sucio y que transmite enfermedades, aunado a un desconocimiento de los beneficios de la carne de cerdo y su riqueza nutricional (ASPORC 2014).

### **2.2.4 Eficiencia ambiental**

Las granjas porcinas son grandes generadoras de aguas residuales de tipo “especial” (mezcla de orina, excretas, concentrado, paja o aserrín de los lechos y agua de lavado de las instalaciones) Los cerdos tienen un tránsito intestinal muy rápido y excretan materiales sin digerir, especialmente de nitrógeno. Además este residuo tiene una gran cantidad de líquido (10% de materia seca) y escasez de fibras (Carrero 2005).

<sup>1</sup>Novoa Jovel, C. 11 sep. 2014. Estado actual de la porcicultura en El Salvador (entrevista). La Libertad, El Salvador, ASPORC



El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2010), a través del Proyecto Fomento de la Gestión Ambiental y Producción más Limpia en la Pequeña y Mediana Industria (FOGAPEMI), fomenta a los productores porcinos para que implementen prácticas de buen manejo de los desechos y así disminuir el impacto ambiental que genera la producción animal de este tipo.

Las granjas que utilizan la inmunocastración aportan a cuidar el medio ambiente, ya que los cerdos enteros consumen menos alimento para ganar el mismo peso que un animal castrado, lo que se traduce en la generación de menos excretas y menor contaminación ambiental (Font 2002).

### **2.3 Avances genéticos y productividad**

A partir de la domesticación del cerdo este inicia una vida sedentaria y cada vez es más utilizado para producción de grasa, la evolución morfológica del cerdo debido a estos cambios fue; cabeza mediana con mandíbulas amplias y gran papada; tórax de perímetro reducido por el sedentarismo; cuartos anteriores y posteriores anchos (Giacomozzi 2014).

En El Salvador los primeros cerdos de raza pura fueron traídos al país hace más de 45 años desde los Estados Unidos, se introdujeron las razas Landrace, York y Duroc. En esa época también fueron traídos cerdos de raza al Centro de Desarrollo Agropecuario (CEDA) Izalco. A finales de los 80's el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador impulsó programas para modernizar el sector a través de asistencia técnica, importación de verracos (sementales) y reproductoras de razas puras para hacer cruces entre ellos y así formar híbridos, y el programa de inseminación artificial que distribuyó semen fresco en todo el país. A principios de los 90's se introdujeron cerdos híbridos Dalland, PIC y Genetic Porc, estos suplantaron categóricamente a los cerdos de raza porque eran más eficientes en los parámetros productivos y reproductivos. Actualmente las líneas genéticas más utilizadas en las granjas tecnificadas son Topigs y PIC (ASPORC 2014).

### **2.4 Etapas productivas del cerdo**

Los programas de alimentación y manejo de los cerdos después de la lactancia contemplan

dos fases claramente diferenciadas: 1. Destete-transición que comprende de 7-10 semanas de vida donde el sistema digestivo del cerdo se adapta a alimentación sólida y 2. Crecimiento-engorde donde presenta su máximo desarrollo y ganancia de peso (Parameo *et al.* s.f.).

#### **2.4.1 Etapa de destete-transición**

El destete es cuando el lechón ha sido separado de su madre, se destetan de 21 a 28 días de edad según el manejo de la granja, con un peso de 5 a 7 Kg dependiendo de la genética utilizada: 6 Kg para Pig Improvement Company Camborough® (PIC) y 6.5 Kg Topigs 40. (Parameo *et al.* s.f.).

La alimentación proporcionada es ad libitum: Iniciador se ofrece entre una semana y diez días después del destete. Post-destete se ofrece hasta los 11-13 Kg PV. Transición se ofrece desde los 13 Kg PV hasta que pasa a engorde. El peso que deben obtener al llegar a los 70 días (pasan a engorde) es de 28.5 Kg PIC Camborough® y 32 Kg Topigs 40.

Según el programa de PIC para Rendimiento Optimizado, un cerdo de destete debe presentar una ganancia diaria de peso de 102 g/día y una conversión alimenticia de 1,35 (PIC 2013).

#### **2.4.2 Etapa de crecimiento-engorde**

La etapa de engorde se divide en sub etapas, según los requerimientos nutricionales del cerdo:

Inicio-Crecimiento: de 70 a 98 días, al final de esta etapa los cerdos deben de pesar 54 Kg para PIC Camborough® y 55 Kg para Topigs 40.

Desarrollo: de 99 a 126 días, al final de esta etapa deben de pesar 83 Kg para PIC Camborough® y 85 Kg para Topigs 40.

Final: de 127 a 154 días, al final de esta etapa deben de pesar 110 Kg para PIC Camborough® y para Topigs 40 ya que este es el peso a venta.

Según el programa de PIC para Rendimiento Optimizado, un cerdo de engorda debe presentar una Ganancia Diaria de Peso de 203 g/día y una Conversión Alimenticia de 2,90 (PIC 2013).

## **2.5 Anatomía del aparato reproductor del verraco**

La madurez sexual del cerdo reproductor es un proceso gradual. A continuación la anatomía y fisiología de los testículos en verracos (cuadro A-2).

Anatomía: En el cerdo los testículos presentan una posición oblicua, por lo que el extremo de la cabeza se dirigen cranealmente y el borde del epidídimo cráneo dorsalmente. Los testículos son grandes, pero más flácidos que los demás animales de granja y presentan una posición casi horizontal (Perea s.f.).

Fisiología: En los mamíferos el aparato reproductor del macho está regulado por intrincados sistemas de retroalimentación en el que participan el hipotálamo, el lóbulo anterior de la hipófisis y los testículos. Este complejo proceso inicia cuando el hipotálamo sintetiza y secreta de forma pulsátil el decapeptido gonadoliberina Factor liberadora de gonadotropina (GnRF), que actúa sobre las células gonadotrópicas de la adenohipófisis. Éstas, estimuladas por la GnRF, sintetizan y secretan dos gonadotropinas: Folitropina Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Lutropina Hormona Luteinizante (LH) (Cunningham 2003).

## **2.6 Fisiología del aparato reproductor del verraco**

La LH también conocida como hormona estimulante de las células intersticiales (HECI) mantiene la producción de andrógenos (testosterona y dihidrotestosterona), esta hormona se dirige hacia dentro de los testículos, donde se une a los receptores de membrana de las células de Leydig y estimula en ellos la conversión del colesterol en testosterona. Mientras que la FSH trabaja en combinación con la testosterona estimulando las células de Sertoli de los túbulos seminíferos para la espermatogénesis (Perea s.f.).

Una vez sintetizados los andrógenos se difunden a sangre y a linfa, donde se unen a las proteínas transportadoras de andrógenos, que se producen en las células de Sertoli. Estas

proteínas potencian la acumulación de altas concentraciones de los andrógenos testosterona y dihidrotestosterona, dentro de los túbulos seminíferos y en el intersticio de los testículos. La testosterona es necesaria para la mitosis y la meiosis de la espermatogénesis, de igual forma para el desarrollo de la conducta sexual y para mantener las características y la función sexuales secundarias (figura A-1) (Cunningham 2003).

Androstenona, es una feromona sexual asociada al olor a orina y transpiración que puede detectarse en la carne de cerdo. Se sintetiza en las células de Leydig de los testículos y mediante la sangre, se transporta y acumula de manera reversible, en el tejido adiposo. Una parte de la androstenona, sin embargo, se elimina por la saliva, la orina o se cataboliza en el hígado (Font 2002).

Escatol, es un metabolito del triptófano, un aminoácido de la dieta producido por microbios en el intestino del cerdo que a su vez se deposita en la grasa cuando los niveles son altos en el organismo del animal. El escatol crea un efecto sinérgico con la androsterona aumentando el olor sexual, y dietas altas en carbohidratos causan su reducción en la grasa. Los aditivos alimenticios antibióticos reducen el escatol por reducción de la biomasa microbiana en el intestino (UCE 2010).

## **2.7 Técnicas de eliminación de olor sexual en cerdos**

Debido a la presencia de la androstenona y del escatol en el organismo de los machos y que organolépticamente son desagradables para el consumidor es indispensable eliminarlo, ya que si no se elimina la calidad de la carne disminuye y por lo general es descartada en el rastro. Existen diversas técnicas para la eliminación del olor sexual, entre ellas están la castración quirúrgica con y sin anestesia y la inmunocastración (UCE 2010).

### **2.7.1 Castración quirúrgica con y sin anestesia en cerdos**

La castración quirúrgica se define como la extracción de uno o ambos testículos en los machos (figura A-2), en la producción porcina la castración es esencialmente universal y sólo unos pocos machos seleccionados son dejados intactos como verracos reproductores potenciales (Harper, 2014).

Normalmente se realizan dos incisiones en la zona del escroto. Los testículos son liberados de los tejidos circundantes y extraídos para ser eliminados mediante el corte del cordón

espermático. El desgarro del cordón espermático está contraindicado ya genera más daño a los tejidos, el uso del emasculador permite que los cordones espermáticos se sujeten y se cierren durante unos segundos limitando el sangrado y así cortar los cordones sin riesgo de hemorragia (Fábrega *et al.* 2009).

En la castración quirúrgica con anestesia la anestesia general no puede ser aplicable en las explotaciones ya que los lechones permanecen letárgicos y con bajas temperaturas corporales durante la lenta recuperación de la anestesia y puede conllevar una tasa alta de mortalidad de los lechones. Una buena alternativa es la anestesia local con lidocaína inyectada directamente en los testículos o subcutáneamente en el escroto. Para aliviar el dolor después de la cirugía, es necesaria la administración de un fármaco AINE (antiinflamatorio no esteroideo) (Temple, Mainau, Manteca. 2013)

Mientras que la castración quirúrgica sin anestesia o analgesia se considera un procedimiento doloroso y estresante que puede prolongarse durante cinco días. Aunque la incisión del escroto conlleva un dolor agudo, cutáneo y muy bien localizado, la fase más dolorosa de la castración es la extracción de los testículos y el corte del cordón espermático, con un dolor visceral sordo, difuso y mal localizado (FAWEC 2013).

### **2.7.2 Inmunocastración en cerdos**

Recientemente en Europa se ha aprobado una vacuna para la realización de la inmunocastración, alternativa a la castración quirúrgica que parece mejor desde el punto de vista del bienestar animal, además mejora la rentabilidad en granja porque los cerdos inmunocastrados consumen menos alimento que los machos castrados quirúrgicamente para alcanzar el mismo peso, y mejora la calidad de la canal, ya que los cerdos inmunocastrados depositan menos grasa intramuscular, aumentando el porcentaje de magrez en comparación con los machos castrados quirúrgicamente (Font y Gispert 2011).

El procedimiento se lleva a cabo normalmente con la administración de dos dosis del producto durante el periodo de engorde, separadas unas ocho semanas. Algunos estudios indican que un macho inmunocastrado se comporta como un macho entero hasta la aplicación de la segunda dosis de la vacuna, luego el macho inmunocastrado se comporta como un macho castrado (Fábrega *et al.* 2009).

### **2.7.3 Fisiología de la inmunocastración**

La inmunocastración consiste en inyectar una forma modificada del GnRF conjugado a una proteína para inducir la formación de anticuerpos frente a dicho factor (figura A-3), que al unirse al GnRF endógeno inhiben la secreción de LH y FSH por parte de la glándula pituitaria, la primera dosis crea sensibilización del sistema inmune y con la segunda dosis se logra inhibir la producción del GnRF, por lo tanto no hay producción de LH ni FSH (Fábrega 2009).

### **2.7.4 Efectos de la inmunocastración**

Los efectos de la inmunocastración en el cerdo se pueden resumir de la siguiente manera: Reducción del tamaño testicular (figura A-4). Disminuye la producción de testosterona. Disminuye el olor a verraco: reducción de los niveles de androstenona por la disminución de la testosterona y ésta disminución, a su vez, aumenta el metabolismo hepático y eliminación del escatol. Disminuyen los comportamientos de montas y agresividad. El olor sexual de los animales tratados se reduce a niveles imperceptibles tal y como sucede en los castrados quirúrgicamente. Efectos en la calidad de carne, la deposición de grasa es superior a la del macho entero pero muy inferior a la del castrado quirúrgico (Carrero 2005).

Fábrega *et al.* (2009), realizó un estudio en donde comparó los parámetros productivos de Machos Castrados Quirúrgicamente sin anestesia (MCQ), Machos Inmunocastrados (MI), Machos Enteros (ME) y Hembras (H), los resultados fueron: los MI presentaron un crecimiento e ingestión diaria superior a los ME, pero un índice de conversión similar. En comparación con los MC, los MI consumieron menos, pero su crecimiento global fue similar, con lo cual el índice de conversión fue mejor, con 2,53 para MI y 2,77 para MC, y una Ganancia Diaria de Peso de 1,166.16 g/d para MI y 842 g/d para MC.

Un estudio realizado en Costa Rica por Corella (2014), señala que el uso de la inmunocastración en cerdos produce una reducción de entre 0.15 a 0.27 décimas de conversión alimenticia y los castrados físicamente presentaron mayor peso al rastro y además se observó beneficios en planta como el aumento de carne magra y reducción de la grasa dorsal.

Verdezoto (2009), realizó una investigación comparando los parámetros productivos en

cerdos inmunocastrados y castrados quirúrgicamente, evaluando los siguientes parámetros: consumo de alimento, ganancia diaria de peso y el Índice de conversión alimenticia. Los resultados de dicho estudio fueron los siguientes: La ganancia diaria de peso fue similar entre cerdos castrados quirúrgicamente (853 g/día) con cerdos inmunocastrados (817 g/día). El consumo de alimento fue menor en los cerdos inmunocastrados (2,354 g/día) que en los cerdos castrados quirúrgicamente (3,053 g/día), el Índice de conversión alimenticia fue menor en los cerdos inmunocastrados (2.88) que en los cerdos castrados quirúrgicamente (3.58).

Font *et al.* (2009), realizaron otro estudio comparando el efecto de la inmunocastración de cerdos en la calidad de la canal, los niveles de androstenona y escatol: El sexo de los animales ha afectado de forma significativa las características de las canales, la grasa intramuscular del músculo del jamón, los niveles de androstenona y escatol de la grasa dorsal. No ha afectado de forma importante la calidad de carne (pH y color). Los machos castrados y los machos inmunocastrados tienen las canales más grasas, con menor porcentaje magro y mayor contenido en grasa intramuscular a comparación de los machos enteros y las hembras. La inmunocastración ha reducido los niveles de androstenona y escatol a niveles por debajo de los detectables, similares a los de los machos castrados quirúrgicamente y muy inferiores a los niveles que presentaron los machos enteros.

### **2.7.5 Efecto del consumo de carne de cerdo inmunocastrado en humanos**

Al ser esta una nueva tecnología hay ciertas dudas sobre si el consumo de carne de cerdo en la que ha sido aplicada esta vacuna afecta a la fisiología reproductiva del ser humano. Clarke *et al.* (2008), aseguran que el consumo de carne tratada con cualquier vacuna es seguro, estos compuestos son degradados durante su período de retiro. La seguridad del consumo de carne de cerdo en que se ha aplicado el conjugado del Factor Liberador de Gonadotropina (GnRF) fue confirmada a través de estudios con animales. Se administró vía intravenosa este conjugado en ovejas, no tuvo efecto sobre la secreción de hormona luteinizante (LH) desde la glándula pituitaria, demostrando que la vacuna no tiene actividad hormonal. Se administraron varias dosis de la vacuna vía oral en cerdos, no se detectaron anticuerpos contra GnRF circulantes en sangre y no tuvieron efecto sobre los niveles séricos de testosterona. Este comportamiento de la vacuna vía oral fue confirmado con

administración oral en ratas, donde se administró 70 dosis a cada rata, y se observó el mismo resultado que la administración oral de la vacuna en cerdos.

Pfizer (2008) que es la empresa responsable de la fabricación del producto, detalla que es un producto vacunal que actúa directamente sobre el sistema inmune del cerdo y que no es una hormona como tal, es un producto de ingeniería genética ya que conjuga la GnRF con una parte de una bacteria (toxoides difterias) para que el organismo del cerdo la reconozca como un antígeno, y al atacar tanto al GnRF natural, como al conjugado crea el efecto de inmunocastración. También indican que no tiene ningún efecto por vía oral por lo tanto no es necesario un período de retiro para el consumo de carne de cerdo en la que se ha aplicado la vacuna.

El Comité de Medicamentos de Uso Veterinario (CVMP) 2013, realizó un Informe Público Europeo de Evaluación (EPAR) sobre el preparado vacunal péptido sintético análogo del factor liberador de gonadotropina GnRF con toxoides difterias, en el cual especifica que tiempo debe esperarse para sacrificar al animal y destinar la carne a consumo humano es de cero días, también especifica que el único riesgo para el ser humano es al momento de administrar la vacuna, la auto inyección accidental puede producir en las personas los mismos efectos que se observan en los cerdos. Puede causar una reducción temporal de las concentraciones de hormonas sexuales y de las funciones reproductoras tanto en varones como en mujeres, y efectos adversos en la gestación. Por ello el fabricante proporciona una jeringa administradora con un dispositivo de seguridad que consta de un sistema de ocultación de la aguja y de un mecanismo que impida accionar el gatillo accidentalmente.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del estudio**

##### **3.1.1 Localización de la investigación**

El estudio se llevó a cabo en el Cantón Maquilishuat, Caserío El Limpio, perteneciente al municipio de Ilobasco en el departamento de Cabañas, El Salvador. Ilobasco cuenta con una extensión territorial de 249.69 km<sup>2</sup> y se ubica geográficamente en las coordenadas 13°52'0" Latitud Norte y 88°54'0" Longitud, a una elevación aproximada de 750 m.s.n.m. (figura A-5),



y tiene una población de 61,510 habitantes. La temperatura del municipio varía de 28-35°C, con una humedad relativa que puede alcanzar el 31% y la velocidad del viento oscila entre 9 y 21 Km/h, y depende de las condiciones climatológicas (MARN, 2015).

### **3.1.2 Duración de la investigación**

La investigación en su fase de campo fue llevada a cabo desde el 8 de septiembre del 2015 al 25 de enero del 2016, teniendo una duración de 22 semanas.

### **3.1.3 Localización de las unidades experimentales**

Las unidades experimentales utilizados fueron 800 cerdos cruce de las líneas Topigs 40 y PIC Camborough®. Los cerdos fueron albergados en una granja tecnificada porcina. Se utilizaron dos galeras con 20 corrales cada una, las galeras estaban orientadas de este a oeste, su techo es de lámina galvanizada de dos aguas con altura al centro de 6 m, y a los laterales 5m. Cada corral tenía capacidad para 50 cerdos es decir que el espacio por cerdo fue de 1.35m<sup>2</sup>, la división entre los corrales estuvo construida de un pretil de cemento de 0.60m de alto y la parte superior de varilla de hierro de 0.60m de alto. El piso de todos los corrales era de piso impermeabilizado. Con desnivel del 5% hacia el área de charca. El comedero es automático húmedo/seco que es compartido con el corral siguiente. Al final del corral se encuentra ubicada una charca y el recambio de agua con una frecuencia de tres días, y sobre la pared están equipados con cuatro bebederos de chupeta para cada corral (figura A-6 y 7).

## **3.2 Metodología de campo**

### **3.2.1 Fase pre experimental**

Los lechones que fueron seleccionados para ser parte del grupo de castrados quirúrgicamente sin anestesia, se le practicó la castración a las dos semanas de edad en el área de maternidad. Cuando fueron destetados se agruparon en nuevos corrales separando machos de 3 a 5 kg de peso y machos de 5.1 a 9 kg de peso, estos últimos fueron los que se

llevaron a engorde y formaron parte del estudio. El estudio inicia desde la etapa de engorde a las 10 semanas de edad (figura A-8).

### 3.2.2 Distribución de los tratamientos

Los cerdos que entraron a la prueba eran los que presentaban pesos medios a la entrada al engorde (30 a 34 kgs). En total de la prueba fueron 800 cerdos, 400 para cada tratamiento y se dividieron en 4 grupos por tratamiento. Cada grupo fue conformado por 100 cerdos. (cuadro 1).

Cada grupo se introdujo en dos corrales con 50 cerdos en cada corral y fue identificado con el número del corral, número de grupo, número de animales, identificación si son inmunocastrados o castrados y la fecha de la pesa por edad. Los 400 cerdos fueron separados en 4 grupos debido al manejo de la granja, porque no había corrales con capacidad para 400 cerdos, solo para 50 cerdos y dos corrales compartían un solo comedero.

**Cuadro 1.** Grupos que conformaron la prueba.

<b>Grupo inmunocastrado (T1)</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
<b>Grupo castrado (T0)</b>	<b>Grupo 5</b>	<b>Grupo 6</b>	<b>Grupo 7</b>	<b>Grupo 8</b>

Los tratamientos fueron:

**T0:** Cerdos castrados quirúrgicamente sin anestesia a los 14 días de edad.

**T1:** Cerdos inmunocastrados, se les administró una dosis de 2ml de la vacuna que contiene un análogo del factor liberador de gonadotropina-conjugado toxoide difteria, vía subcutánea a las 8 semanas de edad (56 días) y una segunda dosis de la misma vacuna y misma vía de administración a las 17 semanas de edad (119 días).

### **3.2.3 Manejo de los cerdos**

Los manejos más importantes fueron: los cerdos a las 9 semanas de edad se trasladaron a engorde, programa sanitario (vacunas, desparasitaciones, vitaminas) aplicados según los protocolos de la granja, limpieza de los corrales con agua a presión una vez al día, los comederos se llenaban dos veces al día y se monitoreaban cuatro veces al día para garantizar su abastecimiento, el cambio de concentrado por etapa de edad: 70 a 98 días concentrado de crecimiento, de 99 a 126 días concentrado de desarrollo y de 127 a 152 días concentrado de finalización.

### **3.2.4 Protocolo de aplicación de la vacuna de inmunocastración**

La primera dosis se aplicó a las 8 semanas de edad y la segunda dosis a las 17 semanas de edad. Se administró 2 ml en la parte alta del cuello en la base de la oreja, colocando la jeringa vacunadora perpendicular a la piel del cerdo, se hizo una rápida presión en la jeringa para que fuera inyectada la vacuna (figura A-9),

### **3.2.5 Protocolo de castración quirúrgica sin anestesia**

Los lechones fueron castrados quirúrgicamente en el área de maternidad a las dos semanas de edad. El procedimiento fue el siguiente: el operario seleccionó de cada cuna a los machos, se colocó a cada lechón entre las piernas para inmovilizarlo, se limpió con una esponja con yodo el escroto e incidió sobre cada escroto con un bisturí #21, se presionó hasta que prolapsó el testículo, se cortaron las tunicas y vasos sanguíneos con los dedos para retirar por completo el testículo. Se aplicó solución yodada sobre y dentro de la herida, y se regresó al lechón dentro de la cuna. (figura A-10).

### **3.2.6 Registro de consumo de alimento**

El concentrado que se proporcionó fue el fabricado en la granja (cuadro 2). Se utilizó comederos de tipo automático en seco-húmedo, el tubo que conduce el concentrado hasta el comedero fue sellado, para que la cantidad de alimento consumido fuera controlado. El

concentrado era pesado y guardado en sacos de 45 kgs, esta pesa se realizaba cada tres días. Para registrar el consumo real diario primero se calculó el desperdicio, para cada fase de alimento de cada grupo, en un día, cada dos horas se barrió alrededor del comedero la cantidad de concentrado que los cerdos dejaban en el piso, este se pesó en una báscula en kilogramos, se obtuvo un estimado del desperdicio diario. Diariamente se anotó la cantidad de sacos de 45 kilogramos introducidos al comedero por cada corral y se restó el estimado de desperdicio para obtener el consumo diario por grupo (cuadro A-3).

**Cuadro 2.** Programa de alimentación de la granja de cerdos.

<b>Edad en semanas</b>	<b>Fase de concentrado</b>	<b>Cantidad Kg por cerdo</b>
10	Inicio Medicado	10.5
11-12	Inicio	23
13-14-15	Crecimiento	29
16-17-18	Desarrollo	55
19-20	Final Medicado	23
21-22	Final	90

### 3.2.7 Pesaje de los cerdos

Los cerdos fueron pesados en una báscula de tipo jaula, se anotó la pesa individual y se sumó para obtener la cantidad de kilogramos por pesa y por grupo. Las edades de pesa fueron: **Peso 1** a los 70 días de edad, **Peso 2** a los 98 días de edad, **Peso 3** a los 126 días de edad y **Peso 4** a los 152 días de edad que es el día que se enviaron a rastro.

## 3.3 Metodología estadística

### 3.3.1 Diseño estadístico

El factor de estudio lo constituyeron las técnicas de castración en cerdos de engorde y los tratamientos cada una de estas técnicas: Tratamiento 0 (T0) (cerdos castrados quirúrgicamente sin anestesia a los 14 días de edad) y el Tratamiento 1 (T1) (Cerdos

inmunocastrados en dos dosis, la primera aplicada a las 8 semanas de vida y la segunda dosis a las 17 semanas de vida, ambas dosis se administraron según el protocolo establecido). Para el análisis de datos se utilizó el modelo lineal en el software estadístico Infostat® (Di Rienzo, *et. al.* 2015), se trabajó con una probabilidad al 0.05.

### 3.3.2 Parámetros en estudio

La variable independiente fueron los cerdos castrados y los cerdos inmunocastrados y las variables dependientes fueron: conversión alimenticia, ganancia diaria de peso (g), porcentaje de mortalidad en engorde y peso vivo por edad a la venta (kg).

**3.3.2.1 Consumo diario de alimento (kg):** El alimento ofrecido a los animales fue pesado (kgs), se registró diariamente y se restó el desperdicio (Cuadro A-3). El consumo se registró por etapas de alimentación: crecimiento (del peso 1 al peso 2), desarrollo (del peso 2 al peso 3) y final (del peso 3 al peso 4) y el consumo total.

**3.3.2.2 Ganancia diaria de peso GDP (g):** Se restó el peso de cada etapa promedio menos el peso al destete promedio en kilogramos y se dividió entre la edad de los cerdos en días menos la edad de destete para obtener la ganancia diaria de peso en kilogramos y para obtenerlo en gramos se multiplicó por 1000, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{GDP} = \frac{\text{Peso por etapa promedio} - \text{peso al destete promedio Kgs}}{\text{Edad (días)} - \text{edad al destete (días)}} \times 1000 =$$

**3.3.2.3 Peso vivo por edad y a la venta:** se pesó a los cerdos de cada grupo de cada tratamiento el día que cambiaron de edad (70 días de edad, 98 días de edad, 126 días de edad) y a los 154 días de edad que fueron enviados a rastro y se compararon los pesos entre tratamientos.

**3.3.2.4 Conversión alimenticia (CA):** Se obtuvo dividiendo la cantidad de alimento consumido (kg) entre el peso de los animales en (kg), por etapa de alimentación y una conversión alimenticia total, de la siguiente manera:

**CA=** Cantidad de alimento consumido Kg / peso de los cerdos en kg

**3.3.2.5 Porcentaje de mortalidad (%M):** Se registró el número de cerdos muertos por tratamiento y repetición, mediante la siguiente fórmula:

$$\% M = \frac{\text{Cerdos inicio} - \text{Cerdos finales}}{\text{Cerdos inicio}} \times 100$$

#### **3.4. Metodología económica**

Para el análisis económico se determinó lo siguiente: presupuestos parciales y relación beneficio-costos. El análisis del presupuesto parcial permitió organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de los diferentes tratamientos. Para referenciar el estudio económico se basó en los costos del concentrado de la granja y el precio del kilogramo de carne en pie al momento del estudio.

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Consumo diario de alimento (kg)**

El análisis estadístico para la variable de consumo de alimento por etapas y total por tratamiento no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), por lo tanto estadísticamente los tratamientos no producen diferencias en el consumo de alimento.

En el cuadro 3 se muestra el consumo de concentrado por etapa de alimentación: Etapa 1 (crecimiento), Etapa 2 (desarrollo), Etapa 3 (final). A pesar que en las etapas de edad no

hubo diferencia estadística en el consumo de alimento en la etapa 1 y 2 los cerdos castrados consumieron un poco más de alimento que los cerdos inmunocastrados y en la etapa 3 al contrario los cerdos inmunocastrados consumieron más que los castrados, este incremento de consumo coincidió con la segunda aplicación de la vacuna de inmunocastración, según Lanferdini, et. al. (2010) se debe a que los machos inmunocastrados después de la segunda dosis de la vacuna reducen su actividad e interacción social al igual que los machos castrados físicamente lo que les permite tener más tiempo para comer, otra razón es porque tienen menos grasa y por ende un nivel menor de leptina, hormona que se produce en el tejido adiposo y reduce el apetito.

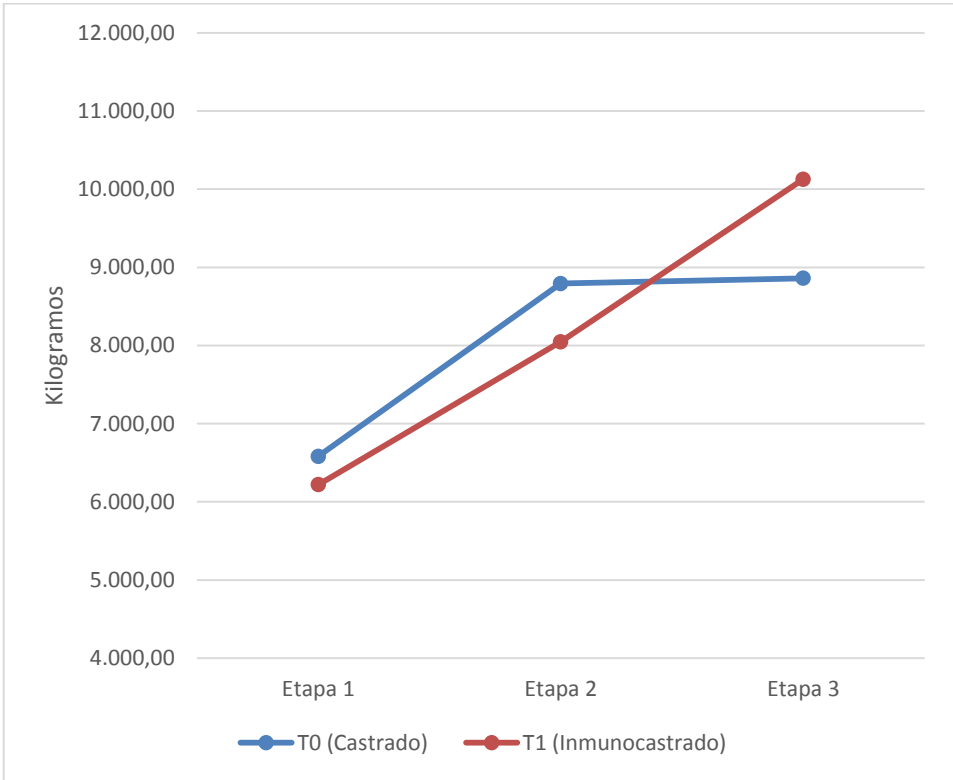
**Cuadro 3.** Consumo de concentrado ajustado por etapa de alimentación para 400 cerdos por tratamiento.

<b>Consumo de alimento por cada etapa</b>	<b>T0 (Castrado) Kg Total</b>	<b>T1 (Inmunocastrado) Kg Total</b>
Etapa 1	6,582.00 <sup>A</sup>	6,220.13 <sup>A</sup>
Etapa 2	8,792.06 <sup>A</sup>	8,046.75 <sup>A</sup>
Etapa 3	8,860.88 <sup>A</sup>	10,126.81 <sup>A</sup>
Consumo Total	24234.9375 <sup>A</sup>	24393.6875 <sup>A</sup>

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

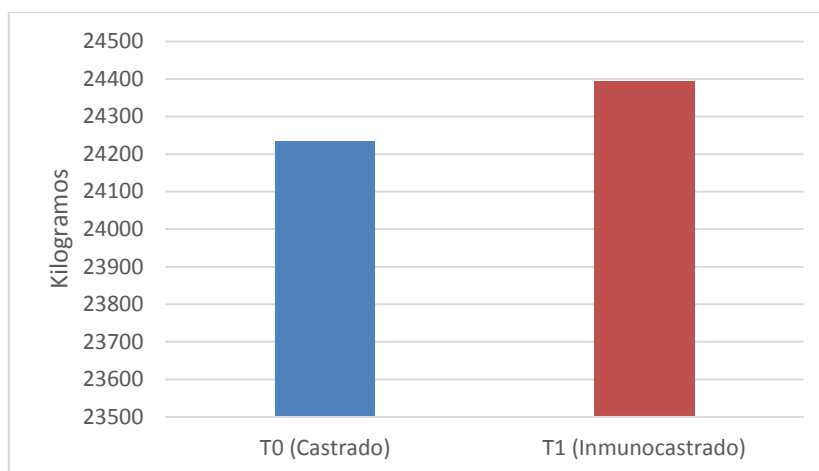
A pesar que en el consumo de alimento total no hubo diferencia estadística, los cerdos inmunocastrados consumieron 24,393.6875 kg ajustados en total y los cerdos castrados consumieron 24,234.9375 kg ajustados en total, consumiendo 158.75 kg de concentrado más los cerdos inmunocastrados. El consumo promedio real por cerdo para los inmunocastrados es de 243.19 kg y para los cerdos castrados 240.67 kg, consumiendo 2.52 kg más en promedio los cerdos inmunocastrados. Estos resultados difieren con las investigaciones de Corella (2014) que probó que con la técnica de inmunocastración los cerdos redujeron 25.13 kg promedio por cerdo el consumo de concentrado con respecto al consumo de cerdos castrados físicamente. Barrios (2012) comparó dos grupos de cerdos, uno inmunocastrado y

el otro castrado quirúrgicamente y obtuvo como resultado que los cerdos inmunocastrados consumieron 7.5 kg menos concentrado promedio por cerdo que los castrados quirúrgicamente. Padilla (2015) determinó que los cerdos inmunocastrados redujeron 13.39 kg promedio por cerdo de consumo de concentrado con respecto a los cerdos castrados. Verdezoto (2009) determinó que los cerdos inmunocastrados consumieron 71.9 kg menos de alimento que los cerdos castrados quirúrgicamente en el consumo acumulado.



**Figura 1.** Consumo de concentrado en kilogramos por etapa para 400 cerdos de cada tratamiento.





**Figura 2.** Consumo de concentrado en kilogramos total para 400 cerdos de cada tratamiento.

#### 4.2 Ganancia diaria de peso (g) (GDP):

El análisis estadístico para la variable de GDP total por tratamiento no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), por lo tanto estadísticamente los tratamientos no producen diferencias en la GDP.

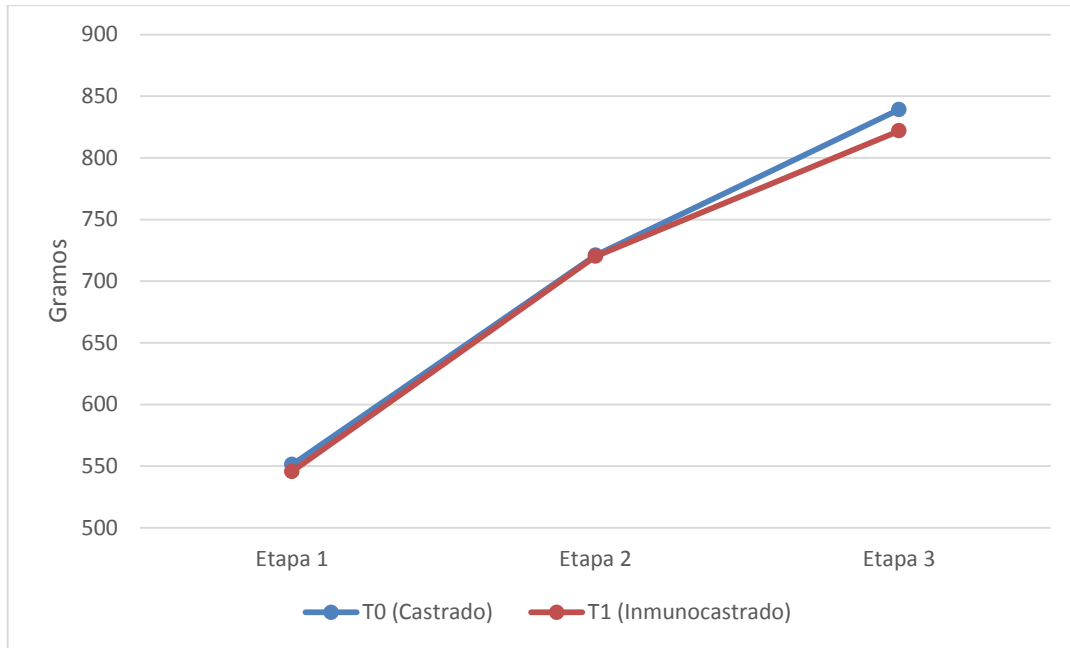
**Cuadro 4.** Ganancia Diaria de Peso ajustada por etapas y total.

Ganancia Diaria de Peso	T0 (Castrado) Gramos	T1 (Inmunocastrado) Gramos
<b>Etapa 1</b>	551.23 <sup>A</sup>	545.65 <sup>A</sup>
<b>Etapa 2</b>	720.95 <sup>A</sup>	720.19 <sup>A</sup>
<b>Etapa 3</b>	839.12 <sup>A</sup>	821.84 <sup>A</sup>
<b>Final</b>	880.20 <sup>A</sup>	907.73 <sup>A</sup>

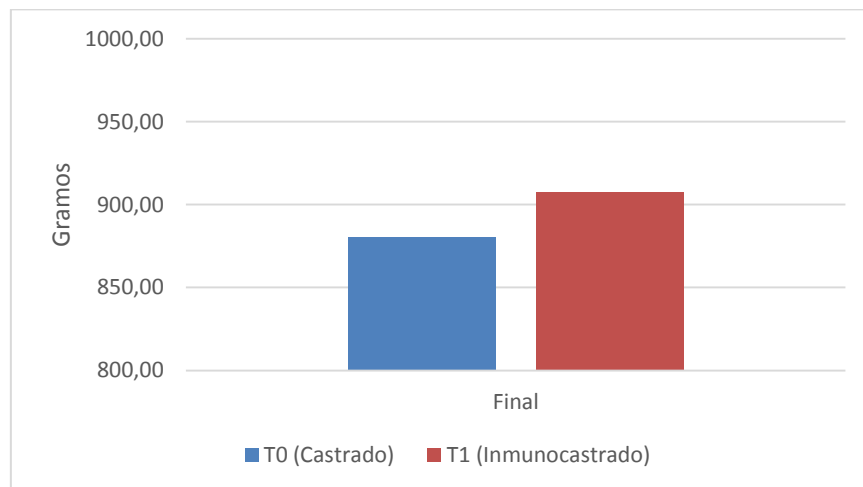
<sup>A</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

En el cuadro 4 se muestran las GDP por etapa de vida: Etapa 1 (crecimiento), Etapa 2 (desarrollo), Etapa 3 (final) y total. A pesar que no hubo diferencia estadística en la GDP en las etapas de vida 1, 2 y 3 los cerdos inmunocastrados ganaron de 6 a 18 gramos menos que los cerdos castrados y en la etapa final los cerdos inmunocastrados ganaron 27.53 gramos más que los cerdos castrados lo que coincide con los estudios de Fábrega *et al.* (2009) los machos inmunocastrados ganaron 26.26 gramos más que los machos castrados

quirúrgicamente y Barrios (2012) probó que los machos inmunocastrados pueden mejorar hasta 34 gramos más de GDP sobre machos castrados quirúrgicamente, y difieren con los resultados de Verdezoto (2009) que muestra que los cerdos castrados quirúrgicamente ganaron 36 gramos más que los cerdos inmunocastrados en la GDP final.



**Figura 3.** Ganancia Diaria de Peso por etapa para ambos tratamientos.



**Figura 4.** Ganancia Diaria de Peso total para ambos tratamientos.

#### 4. 3 Peso vivo por edad y a la venta.

Esta variable no presentó diferencia significativa en el análisis estadístico ( $p>0.05$ ) por cada edad y por tratamiento.

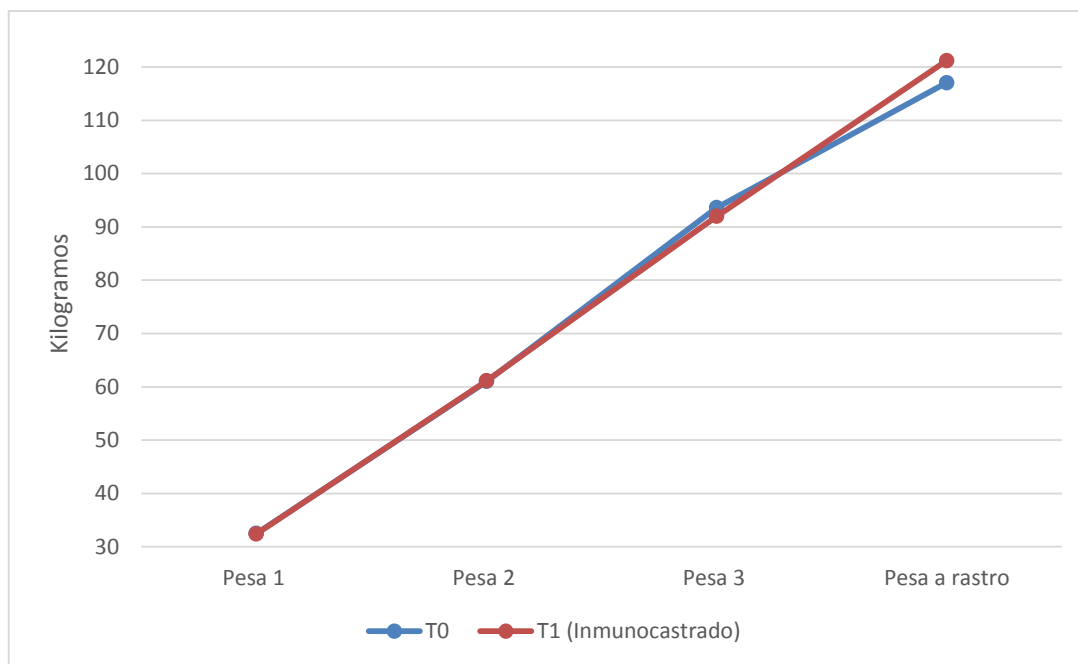
En el cuadro 5 se muestran los pesos promedio por tratamiento por edad y peso final a la venta, se observa que los cerdos inmunocastrados entraron a la prueba con un peso menor que los cerdos castrados quirúrgicamente (0.07 Kgs menos) y salieron a rastro con un peso mayor (4.14 Kgs más).

**Cuadro 5.** Peso ajustado por edad y peso vivo a la venta (Kgs).

<b>Peso por cada etapa</b>	<b>T0 (Castrado)</b>	<b>T1 (Inmunocastrado)</b>
Pesa 1 (70 días de edad)	32.49 <sup>A</sup>	32.42 <sup>A</sup>
Pesa 2 (98 días de edad)	61.00 <sup>A</sup>	61.14 <sup>A</sup>
Pesa 3 (126 días de edad)	93.59 <sup>A</sup>	91.98 <sup>A</sup>
Pesa 154 días de edad	117.04 <sup>A</sup>	121.18 <sup>A</sup>

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

A pesar que no hubo diferencia estadística en los pesos por tratamiento, los cerdos inmunocastrados llegaron a rastro con un peso mayor (4.14 Kgs promedio mayor) que los cerdos castrados, lo que coincide con los estudios de Fábrega *et al.* (2009) y Barrios (2012), los machos inmunocastrados llegaron a rastro con un peso mayor que los machos castrados quirúrgicamente (2.71 Kgs mayor y 3.54 Kgs promedio mayor respectivamente en cada estudio), Padilla (2015) comparó el peso total a rastro de 120 cerdos inmunocastrados y de 120 cerdos castrados quirúrgicamente y obtuvo que los cerdos del primer grupo pesaron 210.91 Kgs más que los cerdos del segundo grupo. Y difieren con los resultados de Corella (2004) y Verdezoto (2009) que determinaron que los machos castrados quirúrgicamente llegaron a rastro con un peso mayor sobre los machos inmunocastrados (1.37 Kgs mayor y 8.9 Kgs mayor respectivamente en cada estudio). En la Figura 4 se reflejan los pesos de los cerdos para ambos tratamientos el día que salieron a rastro.



**Figura 5.** Pesas promedio por edades para ambos tratamientos.

#### 4. 4 Conversión alimenticia (CA).

El análisis estadístico para la variable de Conversión Alimenticia por etapas de vida y total por tratamiento no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

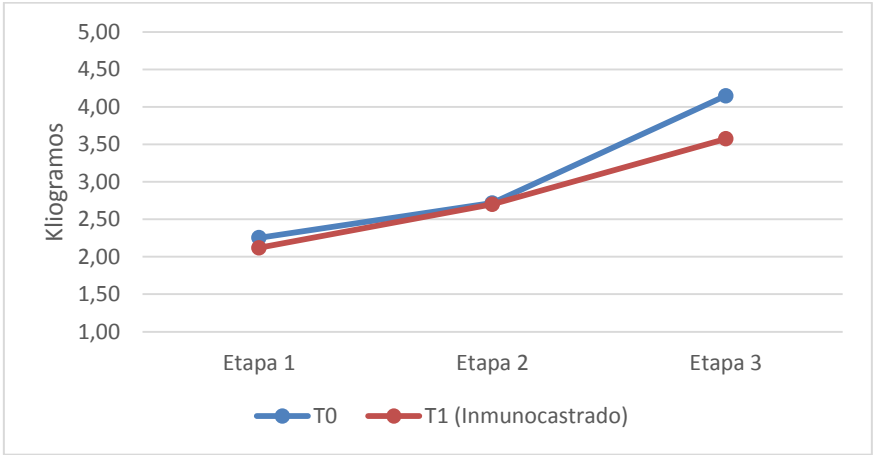
En el cuadro 6 se muestra la CA por etapa de edad: Etapa 1 (crecimiento), Etapa 2 (desarrollo), Etapa 3 (final) y total, en todas las etapas los cerdos inmunocastrados presentan una menor CA lo que significa que fueron más eficientes al convertir el alimento.

**Cuadro 6.** Conversión Alimenticia por etapa de vida y total (kg)

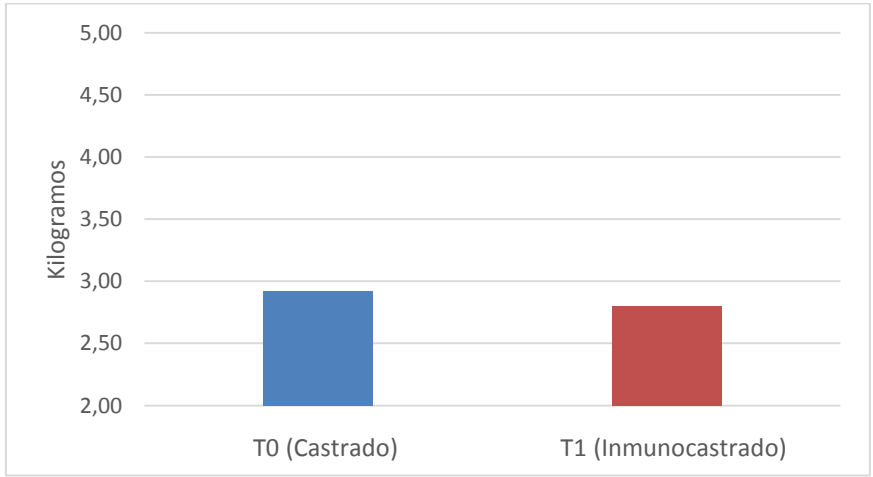
Conversión Alimenticia por cada etapa	T0 (Castrado)	T1 (Inmunocastrado)
Etapa 1	2.25 <sup>A</sup>	2.12 <sup>A</sup>
Etapa 2	2.72 <sup>A</sup>	2.70 <sup>A</sup>
Etapa 3	4.15 <sup>A</sup>	3.57 <sup>A</sup>
Total	2.92 <sup>A</sup>	2.80 <sup>A</sup>

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

A pesar que no hubo diferencia estadística por tratamiento en la conversión alimenticia, los cerdos inmunocastrados fueron más eficientes al convertir el alimento reduciendo 0.12 kgs lo que coincide con los estudios realizados por Fábrega *et al.* (2009), Corella (2014), Barrios (2012), Verdezoto (2009) y Padilla (2015) en que los machos inmunocastrados presentan mejor conversión alimenticia a comparación de machos castrados quirúrgicamente, reduciendo de 0.15 kgs a 0.27 kgs de conversión alimenticia. En la Figura 5 se presenta la Conversión Alimenticia por etapas para ambos tratamientos siendo el T1 mayor en todas las etapas y en la Figura 6 se observa la Conversión Alimenticia final para ambos tratamientos siendo el T1 el más bajo, aun así a nivel estadístico esta diferencia no es significativa.



**Figura 6.** Conversión Alimenticia promedio por etapa para ambos tratamientos.



**Figura 7.** Conversión Alimenticia promedio total para ambos tratamientos.

#### 4. 5 Mortalidad

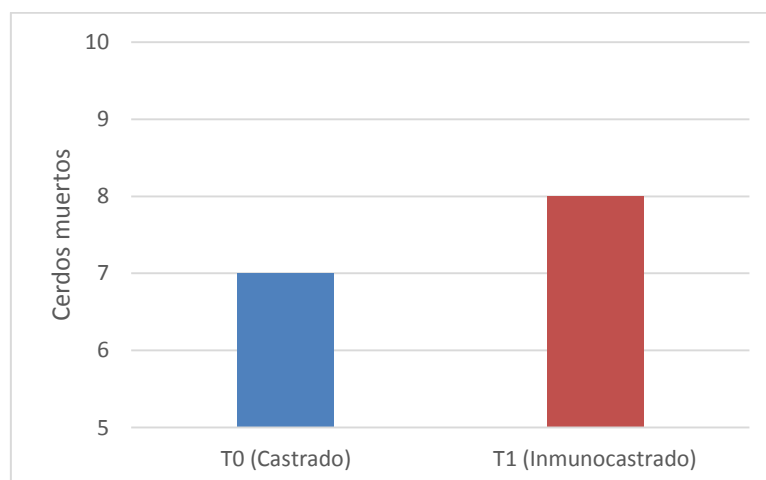
Esta variable no presentó diferencia significativa en el análisis estadístico ( $p>0.05$ ) por tratamiento. En el cuadro 9 se muestra la mortalidad total por tratamiento, siendo mayor la mortalidad para los cerdos del T1 con un cerdo más que los del T0.

**Cuadro 7.** Mortalidad total por tratamiento.

Mortalidad	T0 (Castrado)	T1 (Inmunocastrado)
Final Número de cerdos	7 <sup>A</sup>	8 <sup>A</sup>
Porcentaje de cerdos	1.75%	2%

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

La mortalidad fue mayor en la etapa de crecimiento para ambos tratamientos. En el resultado de este estudio los cerdos inmunocastrados presentaron mayor mortalidad y coincide con los estudios realizados por Corella (2014) y Barrera (2012) hubo mayor mortalidad en la etapa de engorde en cerdos inmunocastrados que en cerdos castrados quirúrgicamente (1% mayor y 3% mayor respectivamente en cada estudio). Se muestra en la Figura 7 que la mortalidad para el T0 fue de 7 (1.75%) y para el T1 fue de 8 (2%).



**Figura 8.** Mortalidad total por tratamiento.

#### 4. 6 Costo de alimentación

Se registró el costo del concentrado por fases (Fase inicio medicado, inicio, crecimiento, desarrollo, final medicado y final). Se estimó la cantidad de concentrado por fase ofrecido por tratamiento. Se registró el peso de los cerdos al rastro. El precio de venta del kilogramo de carne al momento del estudio. Finalmente se calcularon los costos variables y los beneficios netos.

**Cuadro 8.** Costo en dólares por kilogramo de concentrado.

Fase de concentrado	Precio en dólares por Kg
Inicio	\$0.41 kg
Inicio MD	\$0.41 kg
Crecimiento	\$0.39 kg
Desarrollo	\$0.35 kg
Final MD	\$0.38 kg
Final	\$0.32 kg

##### 4.6.1 Costo de los cerdos castrados quirúrgicamente

El concentrado total ofrecido a los cuatro grupos fue de 96,940 kgs por lo tanto se invirtió \$36,146.205 en total, dividiéndose en fase inicio medicado 4,780 Kgs (\$1,959.595), fase inicio 13,114 Kgs (\$5,376.74), fase crecimiento 23,229 kgs (\$9,059.31), fase desarrollo 28,332 kgs (\$9,916.20), fase final medicado 17,318 kgs (\$6,580.84) y fase final 10,167 kgs (\$3,253.52).

El costo de los materiales para la castración quirúrgica incluye solución de yodo, esponja para limpiar el escroto y hoja de bisturí. Se utilizó en total un litro de solución de yodo con un precio de \$7. Se utilizó un trozo de esponja con un costo de \$1 y fue dividido en pequeños trozos. Se utilizó una hoja de bisturí por 10 lechones, en total son 40 hojas de bisturí a \$0.10 cada una, en total son \$4. En total son \$12 de materiales para castrar quirúrgicamente a 400 lechones lo que representa a \$0.03 por lechón.

El costo de mano de obra de la castración de los lechones para la granja se considera un costo de oportunidad ya que el médico veterinario de la granja capacita a los obreros de maternidad para que ellos realicen las castraciones, por lo tanto este costo representa la realidad de esta granja pero no la realidad de las demás explotaciones porcinas. Se obtuvo calculando el tiempo que un obrero de maternidad utiliza para castrar un lechón que es 1 minuto. El sueldo mensual es de \$300, son \$10 al día, la jornada laboral es de 11 horas diarias lo que representa \$0.91 la hora y el minuto a \$0.015 que se aproxima a \$0.02 por minuto, es decir que el costo de mano de obra por castración quirúrgica de un lechón es de \$0.02 y por los 400 lechones son \$8.

#### **4.6.2 Costo de los cerdos inmunocastrados**

El concentrado total ofrecido a los cuatro grupos que constituyeron el T1 fue de 97,575 kgs por lo tanto se invirtió \$36,283.255 en total, dividiéndose en fase inicio medicado 4,937 kgs (\$2,024.17), fase inicio 12,113 kgs (\$4,966.228), fase crecimiento 22,070 kgs (\$8,607.398), fase desarrollo 26,030 kgs (\$9,110.325), fase final medicado 19,984 kgs (\$7,594.015), fase final 12,441 kgs (\$3,981.12).

El costo de la vacuna que genera la inmunocastración es de \$2.36 cada dosis, el total del tratamiento por cerdo es de \$4.72 (dos dosis por tratamiento), en los 400 cerdos es \$1,888.

El costo de mano de obra se obtuvo calculando el tiempo que un obrero de destete y de engorde utiliza para inyectar a un cerdo que es 1 minuto. El sueldo mensual es de \$300, son \$10 al día, la jornada laboral es de 11 horas diarias lo que representa \$0.91 la hora y el minuto a \$0.015 que se aproxima a \$0.02 por minuto, es decir que el costo de mano de obra por aplicar la vacuna de inmunocastración a un cerdo es de \$0.02 y por los 400 cerdos son \$8.

#### **4.6.3 Costos que varían**

Los costos que varían son los de la castración quirúrgica y el costo de la vacuna, ya que el costo de alimentación y la mano de obra es la misma para cada tratamiento.



#### 4.6.4 Presupuesto parcial

Se realizó un ajuste del 10% de los rendimientos medios a cada tratamiento, multiplicando los rendimientos por 0.10 como se observa en el Cuadro 8 y estimando los beneficios brutos de campo en base al precio de kilogramo de carne de cerdo al momento del estudio que es \$2,53. Los beneficios netos se obtuvieron por la diferencia de los beneficios brutos de campo y los costos que varían. Los resultados definen que los cerdos castrados quirúrgicamente presentaron un costo menor y una relación beneficio costo mayor que los cerdos inmunocastrados, por lo que los cerdos castrados quirúrgicamente son más rentable que los cerdos inmunocastrados.

**Cuadro 9.** Presupuesto parcial

<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>
RENDIMIENTO MEDIO (kgs de carne por tratamiento)	45,999.89	47,762.1
RENDIMIENTO AJUSTADO (10%)	41,399.901	42,985.89
<b>BENEFICIOS BRUTOS DE CAMPO (\$)</b>	104,741.75	108,754.302
<b>COSTOS QUE VARIAN (\$):</b>		
1. Costo de concentrado según fase:		
Fase inicio medicado	1,959.595	2,024.17
Fase inicio	5,376.74	4,966.2275
Fase crecimiento	9,059.31	8,607.3975
Fase desarrollo	9,916.2	9,110.325
Fase final medicado	6,580.84	7,594.015
Fase final	3,253.52	3,981.12
2. Costo del tratamiento de la vacuna	0	1,888.00
3. Costo de la castración quirúrgica	12	0
4. Costo de mano de obra por lechón castrado	0	8
5. Costo de mano de obra de vacunador/castrador	8	0
<b>TOTAL DE COSTOS QUE VARIAN (\$)</b>	<b>36,166.205</b>	<b>38,179.255</b>
<b>BENEFICIO NETO PARCIAL (\$)</b>	66,562.49	72,588.10
<b>RELACIÓN BENEFICIO-COSTO</b>	2.90	2.85

## 5. CONCLUSIONES

1. Los parámetros productivos de: consumo diario de alimento (kg), ganancia diaria de peso (g), peso vivo por edad y a la venta (kg), conversión alimenticia (kg) y porcentaje de mortalidad en engorde estadísticamente no presentaron diferencias entre ambos tratamientos.
2. La técnica que presenta mejor relación beneficio costo es la de castración quirúrgica sin anestesia debido a su bajo costo.
3. El comportamiento sexual era muy marcado antes de la aplicación de la segunda dosis y se presentaron muchas peleas entre ellos, los cerdos lastimados reducían su actividad y disminuía su consumo de alimento.
4. El manejo de los cerdos se complica más con la técnica de inmunocastración porque hay que separar los cerdos de primera (cabezas) y de segunda (colas) y hay que esperar a que los cerdos de segunda lleguen al peso de venta para aplicar la segunda dosis y la edad de aplicación de la vacuna no coincide con el protocolo de aplicación.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la técnica de castración quirúrgica sin anestesia ya que es más rentable debido a su bajo costo.
2. Realizar una prueba en lotes más pequeños de cerdos y que la densidad de animales por corral sea menor, por lo menos de 20 cerdos por corral para mejorar el manejo, porque en este estudio se hizo de 50 cerdos por corral.
3. Realizar más estudios de campo en El Salvador y evaluar si es rentable esta técnica en granjas de producción semi intensivas e intensivas.
4. Para futuras investigaciones se recomienda incluir en el estudio cerdos de segunda (colas) y evaluar si es o no rentable el uso de la técnica de inmunocastración en ellos

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**ASPORC (Asociación Salvadoreña de Porcicultura). 2014.** Historia de ASPORC (En línea, sitio web). Consultado 8 mar. 2015. Disponible en [www.Asporc.org/](http://www.Asporc.org/)

**Barrios, BA. 2012.** Improvac: resultados de Hacienda Rivera. San José, Costa Rica, Pfizer Inc. 5 p. Informe técnico n.º1.

**Carrero, H. 2005.** Manual de producción porcícola (en línea). SENA. Consultado 31 ene. 2015. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/manual-produccion-porcicola/manual-produccion-porcicola.pdf>

**Clarke, I; Walker, J; Hennessy, D; Kreeger, J; Nappier, J; Crane, J. 2008.**Inherent food safety of a synthetic Gonadotropin-Releasing Factor (GnRF) vaccine for the control of boar taint in entire male pigs (en línea). Monash University. Australia. Consultado 22 jul. 2015. Disponible en [www.jarvm.com/articles/Vol6Iss1/Crane%207-14.pdf](http://www.jarvm.com/articles/Vol6Iss1/Crane%207-14.pdf)

**Corella, J. 2014.** Efecto de la castración inmunológica en campo y en planta en dos explotaciones comerciales de Centroamérica. San José, Costa Rica, Zoetis. 2-3 p. Informe técnico n.º1.

**Cunningham, JG. 2003.** Fisiología veterinaria: Fisiología reproductora del macho. 3 ed. Madrid, ES. ELSEVIER. 374-379, 421-427 p

**CVMP (Comité de Medicamentos de Uso Veterinario). 2013.** Resumen del EPAR para el público general IMPROVAC: Gonadotropina (en línea). European Medicines Agency. Reino Unido. Consultado 22 jul. 2015. Disponible en [http://www.ema.europa.eu/docs/es\\_ES/document\\_library/EPAR\\_\\_Summary\\_for\\_the\\_public/veterinary/000136/WC500064055.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/es_ES/document_library/EPAR__Summary_for_the_public/veterinary/000136/WC500064055.pdf)

**Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW;** InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA. UNC. Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>

**Fábrega, E; Soler, J; Cros, J; Gispert, M; Tibau, J; Velarde, A. 2009.** Resultados de diversas alternativas a la castración quirúrgica de cerdos (en línea). Revista Suis N°59: 26-34. España. Consultado 26 nov. 2014. Disponible en [http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/39477/Fabrega\\_2009.pdf?sequence=1](http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/39477/Fabrega_2009.pdf?sequence=1)

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, IT). 2014.** Perspectivas alimentarias-Análisis del mercado mundial 2014 (en línea). Italia. Consultado 11 mar. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>

**FAWEC (Farm Animal Welfare Education Center, ES). 2013.** Efecto de la castración en el

bienestar del ganado porcino (en línea). España. Consultado 26 nov. 2014. Disponible en <http://www.fawec.org/download/Efecto-castracion-del-ganado-porcino.pdf>

**Font, M. 2002.** La Androstenona: Hormona responsable del mal olor de la carne (en línea). España, IRTA. Consultado 26 nov. 2014. Disponible en [http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/la-androstenona-hormona-responsable-del-mal-olor-de-la-carne\\_212/](http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/la-androstenona-hormona-responsable-del-mal-olor-de-la-carne_212/)

\_\_\_\_\_, **García, J; Díaz, I; Hortós, M; Velarde, A; Oliver, M; Gispert, M. 2009.** Efecto de la inmunocastración de cerdos en las características de calidad de canal y carne, los niveles de androstenona y escatol y la composición en ácidos grasos (en línea). España, IRTA. Consultado 26 nov 2014. Disponible en [http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/43636/font\\_2009.pdf?sequence=1](http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/43636/font_2009.pdf?sequence=1)

\_\_\_\_\_, **Gispert, M. 2011.** Aceptabilidad de los consumidores de carne de cerdos inmunocastrados (en línea). España. Consultado 16 mar. 2015. Disponible en [https://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/aceptabilidad-de-los-consumidores-de-carne-de-cerdos-inmunocastrados\\_3291/](https://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/aceptabilidad-de-los-consumidores-de-carne-de-cerdos-inmunocastrados_3291/)

**Giacomozzi, J. 2014.** Mercado porcino: coyuntura internacional y su efecto en el mercado interno (en línea). Chile, ODEPA. Consultado 31 ene. 2015. Disponible en [http://www.odepa.cl/wp-content/files\\_mf/1416318465Cerdos201411.pdf](http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1416318465Cerdos201411.pdf)

**Harper, A. 2014.** Castración de cerdos (en línea). EEUU. Consultado 28 abr 2017. Disponible en <http://www.elsitioporcino.com/articles/2465/castracion-de-cerdos/>

**Lanferdini, E; Lovatto, PA; Melchior, L. 2010.** Alimentación en cerdos con Innosure®. Revista Porcinews:3-6. México. Consultado 26 nov. 2014. Disponible en <https://porcino.info/>

**MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2015.** Boletín Climático Anual (en línea). Boletín climático mensual, anual 2015. El Salvador. Consultado 31 mar. 2015. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/climatico+anual/>

\_\_\_\_\_. **2010.** Producción limpia: proyecto fomento de la gestión ambiental y producción más limpia en la pequeña y mediana industria (en línea). El Salvador. Consultado 31 ene. 2015. Disponible en [http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=101:tema-6&id=176:produccion-mas-limpia](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&catid=101:tema-6&id=176:produccion-mas-limpia)

**Padilla Sol, P. 2015.** Determinación de la ganancia de peso y beneficios económicos mediante el uso de una vacuna inmuoesterilizadora como método alternativo en comparación al método de la castración quirúrgica en cerdos. Tesis MVZ. San Salvador, El Salvador, USAM. 33-54 p.

**Parameo, T; Manteca, X; Milan, M; Piedrafita, J; Izquierdo, D; Gasa, J; Mateu, E; Pares, R. Sf.** Manejo y producción porcina: Breve manual de aproximación a la empresa porcina

para estudiantes de veterinaria (en línea). Barcelona, España, UAB. Consultado 31 ene. 2015. Disponible en <http://llojtadevic.org/redaccio/arxius/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>

**Perea, C. SF.** Influencia de machos castrados, machos enteros y hembras en el comportamiento productivo (en línea). Tesis MVZ. San José de las Lajas, Cuba, CENSA. Consultado 26 nov. 2014. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos26/influencia-castracion/influenciacastracion.shtml#ixzz3KC68RDsu>

**PIC (Pic Improvement Company, MX). 2009.** Wean to finish (en línea). México. Consultado 8 mar. 2015. Disponible en <http://www.picperu.com/pdf/manual%20de%20manejo%20destete%20a%20venta.pdf>

\_\_\_\_\_. **2013.** Nutrient specifications manual. México. 9 p.

**Pfizer. 2006.** Manual técnico: Innosure. México. Pfizer. 10 p.

\_\_\_\_\_. **2008.** Technical bulletin: IMPROVAC® A Food Safety Perspective (en línea). Australia. Consultado 22 jul. 2015. Disponible en [http://www.improvac.com/assets/document/es/tim1009techbulletin\\_0509.pdf](http://www.improvac.com/assets/document/es/tim1009techbulletin_0509.pdf)

**Reyes, M. 2013.** El Salvador con bajo consumo de carne de cerdo a nivel de Centroamérica (en línea). El Salvador. El Diario de Hoy. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en [http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota\\_completa.asp?idCat=47861&idArt=8427901](http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=47861&idArt=8427901)

**Temple, D. Mainau, E. Manteca, X. 2013.** Efecto de la castración en el bienestar del ganado porcino (en línea). España. Consultado 27 abr 2017. Disponible en <https://www.fawec.org/es/fichas-tecnicas/22-ganado-porcino/17-efecto-de-la-castracion-en-el-bienestar-del-ganado-porcino>

**Topigs. 2012.** Feeding Manual: Feed manual TOPIGS finishers. EEUU. 5 p.

**UCE (Universidad Central de Ecuador). 2010.** Olor sexual (en línea). Ecuador. Consultado 8 mar. 2015. Disponible en [www.uce.edu.ec/documents/22824/3345343/16.-Inmunocastración.pdf](http://www.uce.edu.ec/documents/22824/3345343/16.-Inmunocastración.pdf)

**USDA (United States Department Agriculture). 2014.** Cattle swine: statistics and information (en línea). Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/cattle-swine/statistics-information.asp>

**Verdezoto Carrera, MA. 2009.** Desempeño productivo en campo, calidad y características sensoriales de la carne de cerdos castrados o inmunocastrados (en línea). Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Honduras, Zamorano. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/400/1/T2856.pdf>

## 8. ANEXOS

**Cuadro A-1.** Consumo Per Cápita en kilogramos a nivel Centroamericano para el año 2013 (ASPORC, 2014).

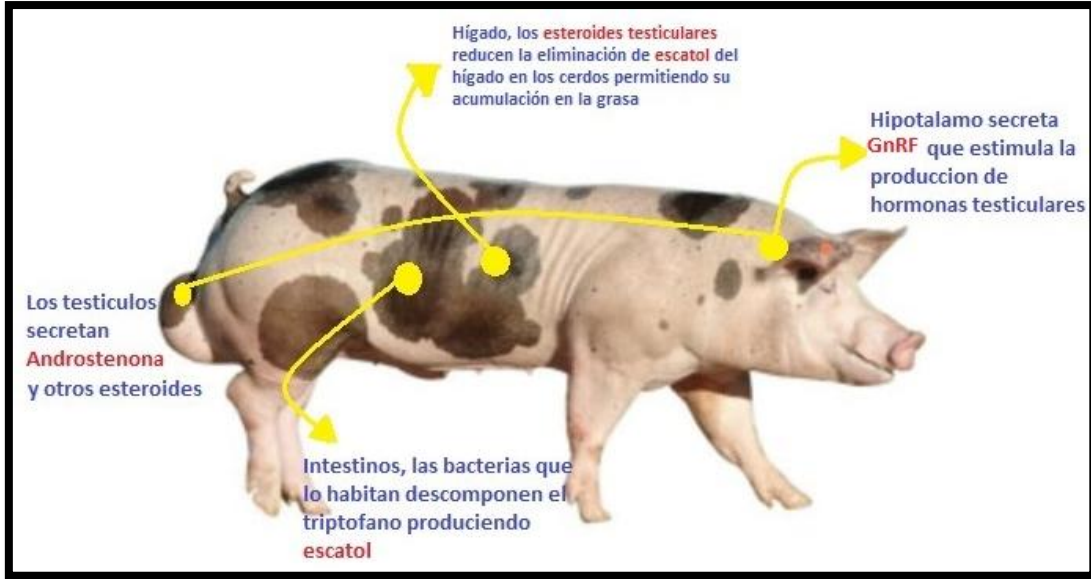
<b>País</b>	<b>Consumo Per Cápita 2013</b>
Costa Rica	11.0 Kg
Honduras	6.0 Kg
Guatemala	5.0 Kg
El Salvador	3.9 Kg
Nicaragua	2.0 Kg

**Cuadro A-2.** Anatomía y fisiología del aparato reproductor del verraco (Carrero 2005).

<b>ORGANO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Escroto	Desarrollado según la edad	Proteger los testículos contra lesiones mecánicas, regular la temperatura
Testículos	Voluminosos	Producción de espermatozoides
Vesícula seminal	Muy voluminosa y frágil	Producción de líquido seminal
Próstata	Reducida	Producción de líquido seminal
Glándula Cowper	Muy voluminosa	Producción de líquido seminal
Epidídimo	Alargado	Maduración de espermatozoides
Canal deferente	Largos y flexuosos	Evacuación del semen
Pene	Largo y con punta en espiral	Penetrar en la vagina





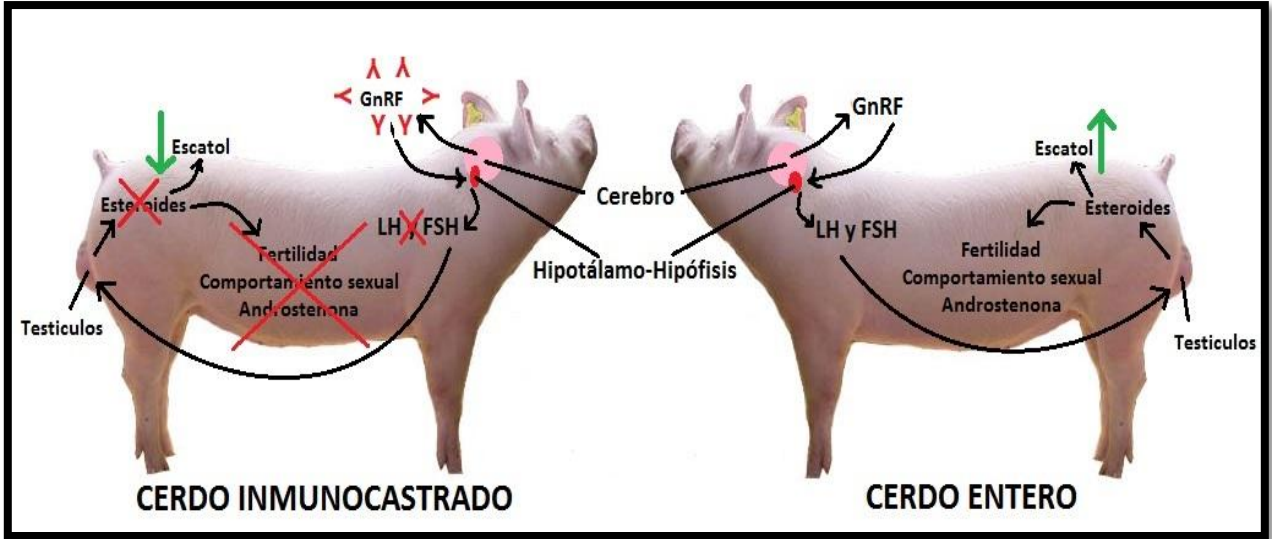


**Figura A-1.** Secreción de Factor liberadora de gonadotropina (GnRF) en cerdos.

**Fuente:** Elaboración propia 2015.



**Figura A-2.** Castración quirúrgica en lechones (Fábrega *et al.* 2009).



**Figura A-3.** Mecanismo de inhibición del olor sexual mediante la inmunización frente a Factor liberador de gonadotropina (GnRF).

**Fuente:** Elaboración propia 2015.



**Figura A-4.** Apariencia física de los testículos en un cerdo inmunocastrado (izquierda) contra un macho entero (derecha) (Verdezoto 2009).



**Figura A 5. Mapa de ubicación del estudio.**

Fuente: Laboratorio Sistemas de Información Geográfica, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador





**Figura A-6 y 7. Corrales donde fueron alojados los cerdos.**



**Figura A-8. Lechones fuera de las cunas dentro de la galera de maternidad antes de ser trasladados al área de destete, los lechones marcados con rojo son con peso superior a 5.5 kgs.**



**Figura A-9. Aplicación de vacuna de inmunocastración a cerdos enteros de 8 semanas de edad, sistema de jeringa especial (bolsa donde se coloca el frasco, jeringa y protector de aguja y manguera que conecta el frasco a la jeringa).**





**Figura A-10. Procedimiento de la castración: forma de sujetar al lechón, escroto después de la castración y material (yodo, esponja y bisturí).**



**Figura A-11. Pesa de grupo 2 a los 70 días.**





**Figura A-12. Pesa grupo 2 a los 98 días.**



**Figura A-13. Pesa grupo 7 a los 126 días.**



**Figura A-14. Traslado del grupo 8 a los 152 días de edad hacia el rastro.**





## Anexo 2. Observaciones durante la prueba.

Cuando los grupos fueron castrados quirúrgicamente aumentaron las diarreas en el área de maternidad y la mortalidad en los lechones castrados más pequeños.

No hubo ninguna reacción en los cerdos enteros cuando se les aplicó la primera dosis de la vacuna de inmunocastración.

Los cerdos inmunocastrados fueron más agresivos desde el área de destete y presentaban comportamiento territorial cerca del área del comedero y de la charca y comportamiento de monta entre ellos antes de la segunda aplicación de la vacuna, después de la segunda dosis el comportamiento de monta desapareció dos semanas después de la aplicación.

El comportamiento agresivo de los cerdos generaba muchas peleas por lo que siempre presentaban laceraciones y mordidas, los cerdos más grandes no permitían a los más pequeños o débiles comer lo suficiente y estos quedaban bajos de peso y para que se recuperaran tenían que ser llevados a otro corral.

El comportamiento de los cerdos castrados quirúrgicamente en engorde era muy tranquilo y sus actividades en el corral básicamente era comer, estar en la charca y dormir.

## Anexo 3. Ejemplo para cálculo para Ganancia Diaria de Peso

Tratamiento	GRUPO	Peso 70 días Promedio Kg	Peso destete Promedio Kg	Edad en engorde días	Edad de destete días	Cálculo para Ganancia Diaria de Peso	GDP Kg	GDP gramos (GDP Kg X 1000)
1 (entero)	1	30.745	5.88	70	21	$(30.745-5.88) / (70-21)=$	0.50744898	507.4489796
0 (castrado)	5	32.573	5.66	70	21	$(32.573-5.66) / (70-21)=$	0.549244898	549.244898

**Anexo 4. Consumo total en kilogramos por fase de alimento por grupo.**

Tratamiento	GRUPO	Fase Inicio Medicado Kg	Fase Inicio Kg	Fase Crecimiento Kg	Fase Desarrollo Kg	Fase Final Medicado Kg	Fase Final Kg
T1 (Entero)	1	1081	3061	6287	7083	5785	3397
	2	1276	2844	4829	6371	4832	3267
	3	1276	3091	5436	6843	5102	3263
	4	1306	3117	5519	5733	4266	2515
T0 (Castrado)	5	1062	2930	5425	6802	3760	2232
	6	1343	3294	5909	7113	4787	2345
	7	1051	3474	6134	7316	4652	2592
	8	1324	3417	5762	7102	4120	2999

**Anexo 5. Consumo total en kilogramos por etapa de edad por grupo.**

Tratamiento	GRUPO	70 a 98 días Kg	98 a 126 días kg	126 días a salida a rastro kg	Consumo total de alimento kg
T1 (Entero)	1	5950	9045	11698	26693
	2	5684	7354	10380	23417
	3	5954	8321	10736	25011
	4	6212	7245	8700	22157
T0 (Castrado)	5	5706	8164	8340	22209
	6	6449	8906	8764	24119
	7	6471	9154	9593	25217
	8	6662	8632	9430	24724

Anexo 6. Pesas para cada grupo y cada edad.

Tratamiento	GRUPO	Pesa 70 días Total Kg	Promedio Kg	Promedio por tratamiento Kg	Pesa 98 días Total Kg	Promedio Kg	Promedio por tratamiento Kg	Pesa 126 días Total Kg	Promedio Kg	Promedio por tratamiento Kg	Pesa final de engorde Kg	Promedio Kg	Promedio por tratamiento Kg
T1 inmunocastrado	1	3074.5	30.745	<b>32.4195</b>	6096.3	60.963	<b>61.1374775</b>	9136.4	92.2868687	<b>91.9754438</b>	12735.36	128.64	<b>121.18</b>
T1 inmunocastrado	2	3134.4	31.344		5870.6	59.9040816		8738.81	90.0908247		11308.26	116.58	
T1 inmunocastrado	3	3396.9	33.969		6167.2	62.2949495		9428.96	96.2138776		12374	123.74	
T1 inmunocastrado	4	3362	33.62		6077.4	61.3878788		8752.4	89.3102041		11344.48	115.76	
TO CASTRADO	5	3257.3	32.573	<b>32.49275</b>	5982.2	60.4262626	<b>60.995933</b>	9198.16	91.9816	<b>93.5897386</b>	10803.52	110.24	<b>117.0425</b>
TO CASTRADO	6	3124	31.24		6054.5	60.545		9098.18	91.9008081		11676.06	117.94	
TO CASTRADO	7	3339.4	33.394		6168.9	61.689		9497.5	94.975		11943.36	120.64	
TO CASTRADO	8	3276.4	32.764		6009.7	61.3234694		9263.65	95.5015464		11576.95	119.35	

**Anexo 7. Ejemplo de cálculo para Conversión Alimenticia.**

Tratamiento	GRUPO	Peso 70 días Total Kg	Peso 98 días Total Kg	Consumo alimento 70 a 98 días Kg	Formula CA Etapa 1	CA
1 (entero)	1	3074.5	6096.3	5950	$5950/(6096.3-3074.5)=$	1.97
0 (castrado)	5	3257.3	5982.2	5706	$5706/(5982.2-3257.3)=$	2.09

**Anexo 8. Tabla de mortalidad de cerdos durante el experimento.**

Tratamiento	GRUPO	Cerdos inicio	Cerdos final	Mortalidad	Promedio
T1 entero	1	100	99	1	2
	2	100	97	3	
	3	100	98	2	
	4	100	98	2	
T0 castrado	5	100	98	2	1.75
	6	100	99	1	
	7	100	99	1	
	8	100	97	3	