



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE PARÁMETROS DE CALIDAD CÁRNICA
EVALUADAS MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN TOROS NORMANDO *in-vivo*
EN LA HACIENDA COCHAUCO Y *post-mortem* EN UN CENTRO DE
FAENAMIENTO.

Autor

Santiago Sebastián Vega Rubio

Año
2020



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE PARÁMETROS DE CALIDAD CÁRNICA
EVALUADAS MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN TOROS NORMANDO *in-vivo*
EN LA HACIENDA COCHAUCO Y *post-mortem* EN UN CENTRO DE
FAENAMIENTO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Médico Veterinario y Zootecnia.

Profesor Guía

MVZ. Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

Autor

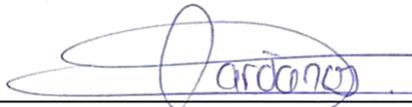
Santiago Sebastián Vega Rubio

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación de medidas de parámetros de calidad cárnica evaluadas mediante ultrasonografía en toros Normando *in-vivo* en la hacienda Cochauco y *post-mortem* en un centro de faenamiento, a través de reuniones periódicas con el estudiante Santiago Sebastián Vega Rubio, en el semestre 2020-10, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



MVZ. Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

C.I: 1718185778

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Comparación de medidas de parámetros de calidad cárnica evaluadas mediante ultrasonografía en toros Normando *in-vivo* en la hacienda Cochauco y *post-mortem* en un centro de faenamiento, del estudiante Santiago Sebastián Vega Rubio, en el semestre 2020-10, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

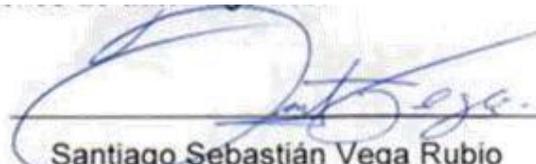


MVZ. María Graciela Estrada Dávila

C.I: 1713108551

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



Santiago Sebastián Vega Rubio
C.I: 0503338378

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de la vida nos cruzamos con muchos tipos de personas y, sin duda, algunas son para recordar y agradecer, pues la gratitud en silencio no sirve de nada.

Mi más afectuoso agradecimiento a todos y cada uno de los catedráticos que impartieron y fortalecieron en mí sus valiosos conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

Un reconocimiento especial en la persona del Dr. Cristián Cárdenas Aguilera, tutor del trabajo de titulación, por el tiempo dedicado y el compromiso adquirido con mi persona para alcanzar y culminar mi formación profesional.

A los representantes de la Hacienda Cochauco y Camal Tecnológico del cantón Saquisilí por facilitar sus instalaciones para la ejecución del trabajo práctico.

DEDICATORIA

“Para llegar donde nunca antes has llegado, tendrás que esforzarte como nunca antes lo has hecho”.

A mis padres por enseñarme que la fuerza y la convicción no tienen límites, pues detrás de cada línea de llegada hay otra de partida, detrás de cada logro, hay otro desafío y que mientras me encuentre vivo, me sienta vivo.

A mis abuelos y tíos por ser la extensión viva de mis padres y haberse convertido en mi ancla y faro de guía.

Y a mi pequeño hermano que sin habérmelo siquiera propuesto, resultó ser su inspiración y legado a seguir.

RESUMEN

La ultrasonografía de carcasas es un método no invasivo, de bajo costo y alta confiabilidad utilizado para determinar el acabado de la carne y los días de alimentación animal, aporta una base de conocimiento indispensable para la toma de decisiones nutricionales y de mejora genética. En Ecuador ninguna entidad proporciona este servicio, por tanto varios productores pierden dinero debido al saque tardío de su ganado. El objetivo del presente trabajo fue comparar los parámetros de calidad cárnica mediante ultrasonografía para determinar diferencias entre las medidas *in-vivo* en toros Normando en la hacienda “Cochauco”, versus los hallazgos *post-mortem* en el “Camal Tecnológico de Saquisilí”. La metodología presentó una fase *in-vivo* y *post-mortem*, el diseño del estudio tuvo lugar en el año 2019, e inició con la selección animal el día 6 de julio, donde bajo criterios de inclusión se seleccionaron 20 animales de una población total de 100 bovinos. La planificación y toma de imágenes ecográficas *in-vivo* se efectuó el día 7 de julio, 5 de agosto y 4 de septiembre. La medición de las áreas de estudio *post-mortem* se realizó el día 5 de septiembre. Posteriormente se ejecutó el registro, tabulación de datos, análisis y evaluación de resultados. Las medidas de dispersión, el test ANOVA con confiabilidad de 95% y la prueba post-hoc de Duncan fueron desarrollados en el programa IBM SPSS. El test ANOVA para el AOL obtuvo un *p-valor* de 1,000 determinando que no existió diferencia significativa entre los grupos de estudio. Por otra parte, la prueba post-hoc de Duncan para la EGD y EGC mostró diferencia en las mediciones 1-2; 2-3 y 2-4, e igualdad estadística durante la medición 3-4, por tanto se aceptó la hipótesis nula, concluyendo que las medidas de los parámetros de calidad cárnica obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* no difieren con la medición *post-mortem*.

Palabras clave: Ultrasonografía; Carcasas; Calidad; Bovino; Área del ojo de lomo (AOL); Espesura de grasa dorsal (EGD); Espesura de grasa de cadera (EGC).

ABSTRACT

Ultrasonography of carcasses is a non-invasive method, of low cost and high reliability used to determine the finish of the meat and the days of animal feeding, it provides an essential knowledge base for nutritional and genetic improvement decisions making. In Ecuador, no entity provides this service, therefore several producers lose money due to the late removal of their livestock. The objective of this work was to compare the parameters of meat quality by ultrasonography to determine differences between *in-vivo* measurements in Normando bulls in the “Cochauco” farm, versus the *post-mortem* findings in the “Camal Tecnológico de Saquisilí”. The methodology presented a phase before and *post-mortem*, the design of the study took place in the year 2019, and began with the animal selection on July 6, where under inclusion criteria 20 animals were selected from a total population of 100 cattle. The planning and ultrasound imaging *in-vivo* was carried out on July 7, August 5 and September 4. The measurement of the *post-mortem* study areas was carried out on September 5. Subsequently, the registration, data tabulation, analysis and evaluation of results, dispersion measurements, ANOVA test with 95% reliability and Duncan post-hoc test were developed in the IBM SPSS program. The ANOVA test for the ribeye obtained a value of 1,000 determining that there is no significant difference between the study groups. On the other hand, Duncan's post-hoc test for dorsal fat and back fat selected the difference between measurement 1-2; 2-3 and 2-4, and statistical equality between measurement 3-4, therefore the null hypothesis was accepted, concluding that the measurements of the meat quality parameters obtained by *in-vivo* ultrasonography do not differ with the *post-mortem* measurement.

Key words: Ultrasonography; Carcasses; Quality; Bovine; Ribeye; Back fat; Dorsal fat.

ÍNDICE

Capítulo I. Introducción	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis.....	3
Capítulo II. Marco Teórico	4
2.1 Principios de la ultrasonografía.....	4
2.1.1 Funcionamiento del equipo de ultrasonido	5
2.1.2 Modalidades de la ecografía	6
2.1.3 Transductor ecográfico y sus componentes.....	8
2.2 Ultrasonografía de carcasas bovinas.....	9
2.2.1 Fallas en la evaluación con ultrasonido.....	10
2.3 Parámetros de calidad cárnica	11
2.3.1 Toma de imágenes ecográficas <i>in-vivo</i>	11
2.3.1.1 Área del ojo de lomo (AOL)	11
2.3.1.2 Espesura de grasa dorsal (EGD)	12
2.3.1.3 Espesura de grasa de cadera (EGC)	13
2.3.2 Medición de los parámetros de calidad cárnica <i>post-mortem</i>	14
Capítulo III. Materiales y Métodos.....	16
3.1 Ubicación.....	16
3.2 Población y muestra	17
3.2.1 Criterios de inclusión y exclusión	17
3.3 Materiales.....	18
3.4 Metodología.....	19
3.4.1 Selección animal y planificación de ecografías	19

3.4.2	Toma de imágenes ecográficas <i>in-vivo</i>	20
3.4.2.1	Toma ecográfica del área del ojo de lomo.....	21
3.4.2.2	Toma ecográfica de la espesura de grasa dorsal.....	22
3.4.2.3	Toma ecográfica de la espesura de grasa de cadera.....	22
3.4.3	Medición de las áreas de estudio <i>post-mortem</i>	23
3.4.3.1	Medición del área del ojo de lomo	23
3.4.3.2	Medición de la espesura de grasa dorsal.....	24
3.4.3.3	Medición de la espesura de grasa de cadera.....	24
3.4.4	Registro y tabulación de datos	25
3.4.5	Análisis y evaluación de resultados.....	25
3.5	Análisis estadístico	25
3.5.1	Variables	26
	Capítulo IV. Resultados y Discusión	28
4.1	Resultados	28
4.2	Discusión.....	34
4.3	Limitantes.....	36
	Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	37
5.1	Conclusiones.....	37
5.2	Recomendaciones.....	37
	REFERENCIAS.....	39
	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Velocidad de las ondas de ultrasonido en propagación (m/s)	4
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.....	17
Tabla 3. Materiales.....	18
Tabla 4. Temperatura promedio de la parroquia de Pintag	20
Tabla 5. Variables del estudio	26
Tabla 6. Resultados de las medidas de dispersión del área del ojo de lomo	28
Tabla 7. Resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa dorsal	29
Tabla 8. Resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa de cadera	30
Tabla 9. Resultados del área del ojo de lomo con el test estadístico ANOVA.....	31
Tabla 10. Resultado de la espesura de grasa dorsal con el test estadístico ANOVA	31
Tabla 11. Resultados de la espesura de grasa dorsal con la prueba post-hoc de Duncan.....	32
Tabla 12. Resultados de la espesura de grasa de cadera con el test estadístico ANOVA.....	32
Tabla 13. Resultados de la espesura de grasa de cadera con la prueba post-hoc de Duncan.....	33
Tabla 14. Resultados de ganancia de los parámetros de rendimiento cárnico.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Densidades ecográficas	6
Figura 2. Modo A (modulación de amplitud).....	6
Figura 3. Modo B (modulación de brillo).....	7
Figura 4. Modo M (time motion mode)	7
Figura 5. Componentes del transductor	8
Figura 6. Tipos de transductores ecográficos.....	9
Figura 7. Área del ojo de lomo (AOL).....	12
Figura 8. Espesura de grasa dorsal (EGD)	13
Figura 9. Espesura de grasa de cadera (EGC)	14
Figura 10. Áreas de toma ecográfica <i>in-vivo</i>	21
Figura 11. Toma ecográfica del área del ojo de lomo	21
Figura 12. Toma ecográfica de la espesura de grasa dorsal.....	22
Figura 13. Toma ecográfica de la espesura de grasa de cadera	23
Figura 14. Medición del área del ojo de lomo.....	24
Figura 15. Medición de la espesura de grasa dorsal.....	24

Capítulo I. Introducción

La capacidad de evaluar las características de la carne en animales vivos mediante el uso de la ultrasonografía ha sido aprovechada por parte de sectores de investigación, educación e industriales; esta tecnología ha sido probada desde principios de la década de 1950 (Houghton, 1992).

Al ser la ultrasonografía una técnica no invasiva aplicada en animales in vivo, sumada a sus bajos costos de utilización y a una alta confiabilidad (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA), 2001), países como Argentina, Australia, Brasil, Chile, Estados Unidos, Japón, Paraguay y Uruguay lo han empleado durante varios años (Mazón, 2016), con la finalidad de definir estándares de calidad y mediante ello justificar la relación costo-beneficio en la implementación de la técnica de ultrasonografía de carcasas bovinas.

La aplicación de esta herramienta ecográfica contribuye a la mejora en la verificación de la calidad de carne bovina, proporciona información indispensable en la toma de decisiones respecto al tipo, calidad y cantidad de alimento a ser insertado al período de terminación ideal de los animales; por otra, permite identificar individuos con alto valor genético, lo cual aporta a una correcta selección de toros mejoradores, con referencia al área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura de grasa de cadera (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

La eficacia de la ultrasonografía de carcasas ha sido evaluada en varios estudios de tiempo real, en pronóstico de calidad y en el porcentaje de cortes cárnicos comerciales (Wilson, 1992; Wilson, 1993; Hamlin, 1995; Williams, 1997; Wilson, 1999; Bertrand, 2001), la mayor parte de estos autores concluyeron que las medidas cárnicas alcanzadas por ultrasonido presentaban exactitud con las medidas de sus respectivas canales.

El presente trabajo de titulación en base al funcionamiento del ultrasonido y a la toma de medidas ecográficas presentó como objetivo comparar los parámetros de calidad cárnica mediante ultrasonografía para determinar diferencias entre las medidas obtenidas *in-vivo* de toros de raza Normando en la hacienda “Cochauco” con las medidas halladas en el *post-mortem* en el “Camal Tecnológico de Saquisilí”.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Comparar los parámetros de calidad cárnica mediante ultrasonografía para determinar diferencias entre las medidas *in-vivo* en toros de raza Normando en la hacienda “Cochauco”, con las medidas halladas en el *post-mortem* en el “Camal Tecnológico de Saquisilí”.

1.1.2 Objetivos específicos

Analizar mediante ultrasonografía las áreas de ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura grasa de cadera, para determinar los parámetros de calidad cárnica *in-vivo* en un grupo de toros de raza Normando en la hacienda “Cochauco”.

Evaluar los parámetros de calidad cárnica mediante una medición física *post-mortem* en el “Camal Tecnológico de Saquisilí”, para determinar diferencias con la evaluación ecográfica *in-vivo*.

1.2 Hipótesis

Hipótesis general: Las medidas de parámetros de calidad cárnica obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* difieren con la medición *post-mortem*.

H0: Las medidas de parámetros de calidad cárnica obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* no difieren con la medición *post-mortem*.

H1: Las medidas de parámetros de calidad cárnica obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* si difieren con la medición *post-mortem*.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Principios de la ultrasonografía

La ultrasonografía es una técnica diagnóstica cuya acción se basa en las ondas de ultrasonido obtenidas por medio del procesamiento de haces de ultrasonido reflejados por las estructuras corporales, estas se originan producto de la vibración de cristales piezoeléctricos y son propagadas por medios materiales a manera de energía acústica la cual es de 20 kilohertzios (20 KHz) (Vargas, 2008).

La velocidad en la cual se propagan las ondas de ultrasonido mostradas en la tabla 1 depende del tipo de tejido en el cual se refleja, distintos órganos presentan diferentes tasas de transmisión; las estructuras más densas se vuelven más claras, mientras las estructuras menos densas son más oscuras (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

Tabla 1

Velocidad de las ondas de ultrasonido en propagación (m/s).

Velocidad de propagación (m/s)	
Aire	331
Agua	1492
Grasa	1470
Músculo	1568
Tejidos blandos	1540
Huesos	3600

Tomado de Castañeda (2014).

Si las ondas de sonido con densidades diferentes se encuentran al momento de pasar de un tejido a otro, la velocidad del sonido con la cual se propaga cambia,

en estas circunstancias las ondas de sonido pueden reflejarse como si lo hicieran en un espejo y de esta manera ser registradas por el transductor; la ultrasonografía usa estos efectos para representar una imagen específica de cada tejido corporal (Osuna, 2016).

2.1.1 Funcionamiento del equipo de ultrasonido

El equipo de ultrasonido emite ondas de alta frecuencia producidas en un transductor mediante vibraciones de cristales piezoeléctricos, estas ondas de ultrasonido se transmiten a través de tejidos corporales hasta que alcanzan un obstáculo o interfaz sobre los cuales ejercen su efecto (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

La velocidad de la onda disminuye producto de la absorción, se refleja y refracta como consecuencia de la diferencia de impedancias acústicas, dependientes de la densidad de los tejidos, posteriormente, estas ondas son tomadas por el transductor y transformadas en señales eléctricas para la emisión de la imagen (Universidad de Valladolid, 2015).

Las imágenes del ultrasonido se encuentran formadas por una matriz de elementos fotográficos, estas imágenes presentadas en escala de grises están generadas por la visualización de ecos los cuales regresan al transductor a manera de píxeles variando su brillo en proporción a la intensidad del eco; los ecos muy débiles dan una sombra colindante al negro, mientras que los ecos potentes dan una sombra colindante al blanco (Vargas, 2008), tal como se indica en la figura 1.



Figura 1. Densidades ecográficas

Tomado de Asiain (2019).

2.1.2 Modalidades de la ecografía

El modo A (modulación de amplitud) presentado en la figura 2, fue el primero en desarrollarse, actualmente tiene bajas aplicaciones, el reflejo del ultrasonido en el cuerpo se presenta a manera de una espícula vertical, la misma que posee datos relativos de su ubicación y profundidad (Granados, 2016).

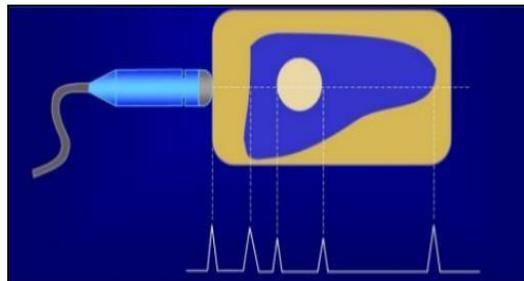


Figura 2. Modo A (modulación de amplitud)

Tomado de Girón (2013).

El modo B (modulación y brillo) mostrado en la figura 3, presenta un modo simple, donde puntos brillantes sustituyen a las espículas pertenecientes al modo A, su intensidad es proporcional a la del eco; en modo compuesto (bidimensional) se almacenan los puntos B a medida que el transductor ecográfico se desplaza,

por la alta emisión de líneas de barrido B por unidad de tiempo, lo cual el ojo humano aprecia como una imagen con movimiento (Granados, 2016).

2.1.3 Transductor ecográfico y sus componentes

El transductor ecográfico es un instrumento cuya función es convertir la energía eléctrica producida por el ecógrafo en pulsos acústicos para emitirlos y recolectar las ondas reflejadas y transformarlas en energía eléctrica, para que de esta manera sea interpretada por el convertidor analógico-digital del ecógrafo y presentarla posteriormente en forma de imagen en la pantalla del equipo ecográfico (Bilbao, 2019).

Tal como se muestra en la figura 5, el transductor consta de 7 componentes: carcasa (soporte estructural); superficie protectora (cubre a los cristales piezoeléctricos); material amortiguador (amortigua la vibración de los cristales al culmina el estímulo eléctrico); aislador acústico (recubre los cristales y al material de amortiguación dirigiendo el haz de ultrasonido a una dirección definida); cables (transmiten los impulsos eléctricos); conexión con sonda: (conecta el transductor a la sonda); cristales piezoeléctricos (emiten y reciben los ultrasonidos) (Serano, 2015).

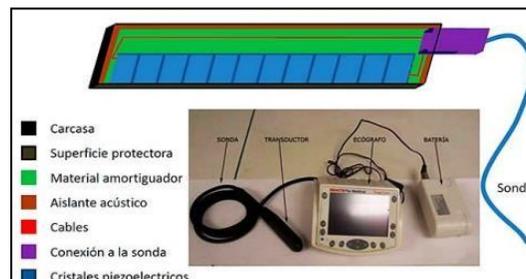


Figura 5. Componentes del transductor

Tomado de Serano (2015).

Actualmente existen cuatro tipos de transductores con funcionalidad específica, estos son ejemplificados en la figura 6: 1) Lineales, usados para estudios poco profundos como estructuras superficiales; 2) Sectoriales, utilizados para estudios del corazón, cerebro y abdomen; 3) Convexos, empleados para estudios de mayor profundidad como abdominales y ginecológicos; 4) Intracavitarias, aplicados para estudios intrarrectales, intravaginales e intraesofágicos (Bilbao, 2019).

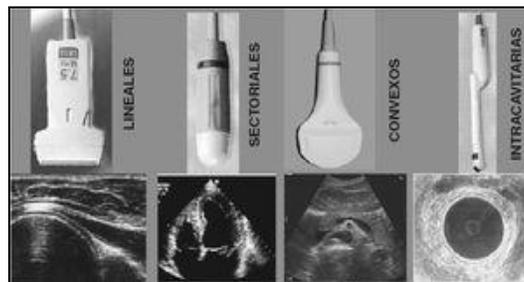


Figura 6. Tipos de transductores ecográficos

Tomado de Díaz (2007).

2.2 Ultrasonografía de carcasas bovinas

La ultrasonografía de carcasas bovinas es un método no invasivo, de bajo costo y alta confiabilidad que permite determinar características cárnicas y cuantificar los tejidos musculares y grasos existentes en el cuerpo de los animales, razón por la cual la industria cárnica emplea esta tecnología como herramienta para determinar la calidad cárnica bovina desde el año de 1950 (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA), 2001).

Países como Argentina, Australia, Brasil, Chile, Estados Unidos, Japón, Paraguay y Uruguay, emplean esta tecnología ecográfica como herramienta para determinar la calidad de carne en bovinos, además cuentan con equipos especializados y estandarizados en la evaluación de calidad cárnica in vivo (Mazón, 2016).

Esta herramienta de ultrasonido contribuye a la verificación de la calidad cárnica bovina, además proporciona una base confiable para la formulación de raciones alimenticias destinadas para animales en etapa de finalización de engorde y presenta información clave para la selección de machos genéticamente superiores con referencia a parámetros de calidad cárnica como el área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y de cadera (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

2.2.1 Fallas en la evaluación con ultrasonido

Al evaluar el éxito de la técnica de ultrasonografía de carcasas bovinas, los términos de exactitud y la repetibilidad deben ser a tomarlos en consideración (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA), 2001). Exactitud se define como la precisión de algo, al ajuste de una determinada cosa con otra, o a la veracidad que exhibe una cuestión (Ucha, 2010), y repetibilidad corresponde a una variación de los resultados producto de mediciones obtenidas con varios intentos y bajo condiciones de medición específicas (INFAS GROUP, 2018).

La correlación de exactitud y repetibilidad puede evaluarse a partir de la repetición de medidas de un determinado animal entre uno o varios técnicos, estas son dependientes del personal encargado de la toma y a su nivel de experiencia, por tanto, las medidas obtenidas por ultrasonografía pueden considerarse como información confiable para la determinación de parámetros cárnicos de las canales bovinas (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA), 2001).

Las diferencias de las medidas ecográficas se relacionan con la variación animal, cambios de tejidos grasos y musculares posterior al proceso de desposte, análisis de imágenes ecográficas, manejo del ultrasonido, toma de imágenes, experiencia técnica y exactitud del equipo de ultrasonido y software (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

2.3 Parámetros de calidad cárnica

2.3.1 Toma de imágenes ecográficas *in-vivo*

En la evaluación de la calidad cárnica bovina mediante ultrasonografía se utilizan parámetros específicos de valoración representados por tres imágenes ecográficas diferentes: área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura de grasa de cadera (Mazón, 2016), estos a su vez se relacionan con el porcentaje de cortes minoristas (Ferrario, 2007).

El porcentaje de cortes minoristas representa una medida de mediana heredabilidad, posee alta y positiva correlación con el AOL (0,61) y a su vez mediana y negativa correlación con la EGD (-0,44), esto indica que al seleccionar reproductores con mayor AOL y menor EGD se puede obtener un aumento paralelo para con el porcentaje de cortes minoristas (Wilson, 2004).

2.3.1.1 Área del ojo de lomo (AOL)

El área del ojo de lomo representada en la figura 7, constituye el área del músculo *Longissimus dorsi*, para animales de 12 meses de edad dependientes de la raza y del sistema de manejo nutricional esta medida oscila entre 51 a 103 cm² (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

En términos productivos, el AOL se relaciona con el peso de la canal; genéticamente es una medida de mediana heredabilidad, se encuentra estrechamente relacionada con el potencial del animal con respecto a su crecimiento, musculatura y ganancia de peso (Wilson, 2004).

El AOL posee alta correlación positiva con el porcentaje de cortes minoristas (Ferrario, 2007), animales con valores superiores a 75 cm² en esta área presentan

buenos resultados para con este porcentaje, lo cual facilita la selección de reproductores (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

Además el AOL es un indicador de calidad cárnica con correlación negativa al engrasamiento, esto sugiere que al aumentar la musculatura disminuye la grasa y viceversa, considerando que mayor musculatura representa un incremento en el rendimiento del animal en gancho (Ferrario, 2007).



Figura 7. Área del ojo de lomo (AOL)

Tomado de Piccirillo (2008).

2.3.1.2 Espesura de grasa dorsal (EGD)

La espesura de grasa dorsal mostrada en la figura 8, corresponde a la gordura que recubre la carcasa, esta medida es tomada a $\frac{3}{4}$ de distancia del borde medial en dirección al borde lateral del músculo *Longissimus dorsi*, esta cobertura grasa protege a la carcasa contra el endurecimiento y oscurecimiento producto de las bajas temperaturas de las cámaras de enfriamiento (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

En base a la genética la EGD corresponde a un parámetro de mediana heredabilidad con baja correlación a la cantidad de grasa intramuscular y alta correlación negativa al porcentaje de cortes minoristas (Ferrario, 2007); se

relaciona con la precocidad reproductiva y de acabado, es decir, animales con deposición temprana de EGD en su mayoría tienen pesos de madurez y matanza más bajos (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

En la EGD para el caso de mediana correlación genética se seleccionan reproductores superiores logrando así un progreso evidente en su descendencia, en casos de baja correlación se emplean reproductores con mayor grasa intramuscular obteniendo de esta manera crías uniformes sin la necesidad de incrementar la EGD, y en casos de correlación negativa se escogen reproductores de menor EGD, incrementando el porcentaje de cotes minoristas (Ferrario, 2007).

Se debe considerar que el AOL y la EGD se relacionan de forma negativa, es decir, cuando la selección de mejora genética se basa únicamente para el AOL, los valores de EGD se reducen automáticamente y viceversa (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).



Figura 8. Espesura de grasa dorsal (EGD)

Tomado de Piccirillo (2008).

2.3.1.3 Espesura de grasa de cadera (EGC)

La espesura de grasa de cadera ejemplificada en la figura 9, mide la profundidad de la grasa subcutánea ubicada en la unión del músculo glúteo medio y el bíceps

femoral, presenta gran importancia en los sistemas pastoriles debido a que muchas veces los animales no han acumulado la suficiente grasa dorsal (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

La EGC es un patrón de mediana heredabilidad con alta correlación positiva a la EGD, esto permite la selección de reproductores con menor EGC logrando de esta manera un aumento en paralelo correspondiente al porcentaje de cortes minoristas (Ferrario, 2007).



Figura 9. Espesura de grasa de cadera (EGC)

Tomado de Piccirillo (2008).

2.3.2 Medición de los parámetros de calidad cárnica *post-mortem*

La medición de los parámetros de calidad cárnica *post-mortem* se realiza en base a las áreas de estudio de la toma de imágenes ecográficas *in-vivo*, en este caso representadas por el área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura de grasa de cadera (Mazón, 2016).

Acorde con L. Suguisawa (comunicación personal, 18 de julio, 2018), para medir el área del ojo de lomo se realiza un corte transversal entre la décima segunda y décima tercera costilla en el músculo *Longissimus dorsi*, posterior a esto se expone la zona a ser evaluada y con la ayuda de una malla de puntos se

determina el resultado.

Conforme M. Lopes (comunicado personal, 18 de julio, 2018), en el caso de la espesura de grasa dorsal la medición se toma de la capa grasa ubicada a dorsal del área del ojo de lomo y para la espesura de grasa de cadera se la efectúa en la coyuntura del músculo glúteo medio y el bíceps femoral, en ambos casos se utiliza un pie de rey.

Capítulo III. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación

Las actividades *in-vivo* fueron realizadas en la hacienda “Cochauco”, ubicada en la comunidad de San Agustín de la parroquia Pintag, perteneciente a la provincia de Pichincha - Ecuador; sus coordenadas de localización son: 0°21'14" latitud Sur y 78°21'39" latitud Oeste (Google Earth, 2019).

La hacienda se localiza a 2.800 m.s.n.m, donde predomina un clima húmedo con una temperatura que oscila entre 8°C a 16°C. Presenta una pluviosidad anual de 500 a 2.000 mm, posee un suelo correspondiente a tipo húmico, adecuado para cualquier tipo de cultivo (Sistema Nacional de Información, 2015). La propiedad cuenta con 200 hectáreas de terreno aprovechables en su totalidad mediante la utilización de maquinaria agrícola a pesar de que su distribución topográfica presenta irregularidades como laderas y llanos.

Es importante destacar que en la hacienda se manejan labores de cultivo de cebada, maíz, trigo y pasturas para los animales. Siendo estos últimos una mezcla forrajera de gramíneas como trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*), leguminosas como avena (*Avena sativa*), ryegrass perenne (*Lolium perenne*), y kykuyo (*Pennisetum clandestinum*) y finalmente malezas como achicoria (*Cichorium intybus*), y llantén (*Plantago major*).

Las actividades *post-mortem* se realizaron en el “Camal Tecnológico de Saquisilí”, ubicado en la Avenida Cinco de Junio y Simón Bolívar - Barrio Tambillo, perteneciente a la ciudad de Saquisilí, provincia de Cotopaxi - Ecuador.

3.2 Población y muestra

La población total de animales pertenecientes al predio fue de 100 bovinos, sin embargo, se trabajó con una muestra de 20 individuos en etapa de finalización de engorde seleccionados bajo criterios de inclusión y exclusión, para de esta manera determinar la calidad de su carne en base al estudio ecográfico *in-vivo* y una comparación con medición *post-mortem*.

3.2.1 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión manejados para la selección de los animales se indican en la tabla 2, a su vez la evaluación de la condición corporal contenida en esta tabla se manejó en base a la categorización detallada en el anexo 1.

Tabla 2

Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Machos bovinos	Hembras bovinas
Raza Normando	Razas distintas a Normando o sus Cruces
Edad entre 1 año y 10 meses a 2 años y 1 mes	Edad menor a 1 año y 10 meses o mayor a 2 años y 1 mes
Condición corporal mayor o igual a 6 hasta 7	Condición corporal menor a 6 o superior a 7
Peso mayor o igual a 450 Kg para el desposte hasta el mes de septiembre	Peso menor a 450 Kg para el desposte hasta el mes de septiembre

3.3 Materiales

Los materiales utilizados en la ejecución de este trabajo se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

Materiales.

Materiales de seguridad personal	
Detalle	Cantidad
Overol	1
Botas de caucho	1 par
Materiales de campo	
Detalle	Cantidad
Cepillo con cerdas metálicas para bovinos	1
Rasuradora eléctrica	1
Aceite de cocina	4 litros
Ecógrafo portátil HandScan V7	1
Transductor lineal	1
Standoff para transductor lineal	1
Pie de rey	1
Malla de puntos	1
Paño de algodón	1
Materiales de oficina	
Detalle	Cantidad
Computadora	1
Bolígrafo de color azul	1
Hoja de registro de datos	1
Carpeta plástica	1

3.4 Metodología

La ejecución del presente trabajo se dividió en dos fases:

Fase 1. *In-vivo*, dividida en dos etapas: selección animal y planificación de ecografías, y toma de imágenes ecográficas *in-vivo* (Anexo 5).

Fase 2. *Post-mortem*, comprendida por tres etapas: medición de las áreas de estudio *post-mortem*, registro y tabulación de datos, análisis y evaluación de resultados (Anexo 6).

3.4.1 Selección animal y planificación de ecografías

La selección animal fue realizada el día viernes 6 de julio de 2019 en base a los criterios de inclusión y exclusión presentados en la tabla 2.

Para seleccionar los animales de estudio, estos fueron ingresados al brete de manejo, donde se categorizaron de acuerdo al sexo, edad, condición corporal y peso esperado para el desposte en el mes de septiembre de 2019.

Los 20 animales que aprobaron los criterios de inclusión fueron registrados con su respectivo número de arete para posteriormente ser identificados y ecografiados.

La planificación de las tomas ecográficas se ejecutó en relación a la temperatura de las estaciones climáticas de cada mes de la parroquia de Pintag mostradas en la tabla 4, debido a que no es recomendable realizar esta actividad con una temperatura menor a 7 °C, esto se debe a que el aceite vertido sobre el animal puede cristalizarse generando lecturas erróneas.

Tabla 4

Temperatura promedio de la parroquia de Pintag.

Temp	Invierno					Verano					Invierno	
°C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
T Mn	7,0	7,2	7,5	7,7	7,6	6,9	8	6,7	6,7	7,0	6,9	7,1
T Md	13,5	13,4	13,6	13,6	13,6	13,1	13,3	13,4	13,4	13,6	13,4	13,6
T Mx	20,1	19,7	19,7	19,6	19,7	19,4	19,8	20,1	20,2	20,2	20	20,2

Adaptado de CLIMATE-DATA.ORG (2018).

3.4.2 Toma de imágenes ecográficas *in-vivo*

La toma de imágenes ecográficas *in-vivo* se efectuaron los días: sábado 7 de julio, domingo 5 de agosto y sábado 4 de septiembre de 2019.

Las imágenes de ultrasonido fueron tomadas de las áreas de estudio mostradas en la figura 10, en base a la temperatura promedio de la parroquia de Pintag detallada en la tabla 4.

Las actividades realizadas en esta etapa incluyen: inmovilización animal, limpieza, preparación de las áreas de estudio en los animales, toma de imágenes ecográficas en relación al anexo 2 y la recolección de datos.



Figura 10. Áreas de toma ecográfica *in-vivo*

Tomado de Mazón (2016).

3.4.2.1 Toma ecográfica del área del ojo de lomo

Corresponde a la medida en centímetros del área del músculo *Longissimus dorsi*, tomada por ecografía entre la 12va y 13va costilla, con el transductor colocado de manera perpendicular a la posición del animal como se aprecia en la figura 11 (Ferrario, 2007).

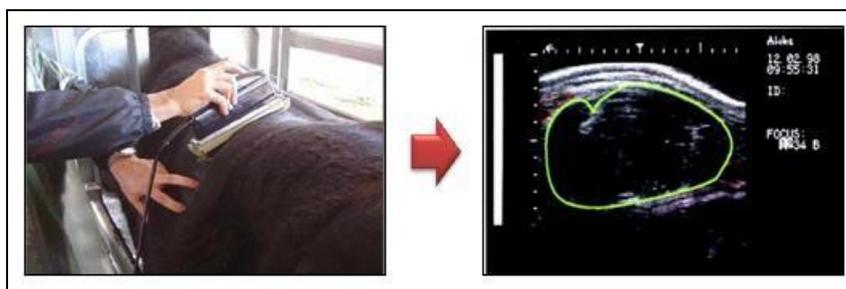


Figura 11. Toma ecográfica del área del ojo de lomo

Adaptado de (Wilson, 2004; Mazón, 2016).

3.4.2.2 Toma ecográfica de la espesura de grasa dorsal

Corresponde a la medida en milímetros de grasa subcutánea la cual es tomada por ecografía entre la 12va y 13va costilla a $\frac{3}{4}$ de distancia del borde medial en dirección al borde lateral del músculo *Longissimus dorsi* (Designer Genes Technologies (DGT) Brasil, 2018).

Este espesor es medido en partes del ancho del área del ojo de lomo, teniendo en cuenta que el inicio está próximo a la columna vertebral; esta imagen debe ser tomada con el transductor de forma perpendicular a la posición del animal como se muestra en la figura 12 (Ferrario, 2007).

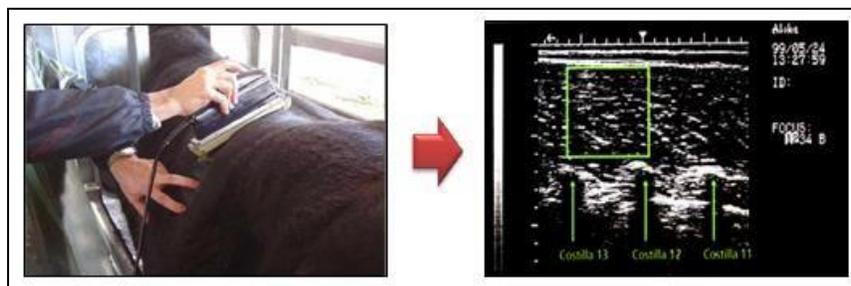


Figura 12. Toma ecográfica de la espesura de grasa dorsal
Adaptado de (Wilson, 2004; Mazón, 2016).

3.4.2.3 Toma ecográfica de la espesura de grasa de cadera

Corresponde a la medida en milímetros tomada mediante ecografía en la unión de los músculos bíceps femoral y glúteo medio; representa el primer punto de depósito graso debajo de la piel; esta imagen es tomada desde la punta de cadera hasta la región de la cola, como se observa en la figura 13 (Ferrario, 2007).

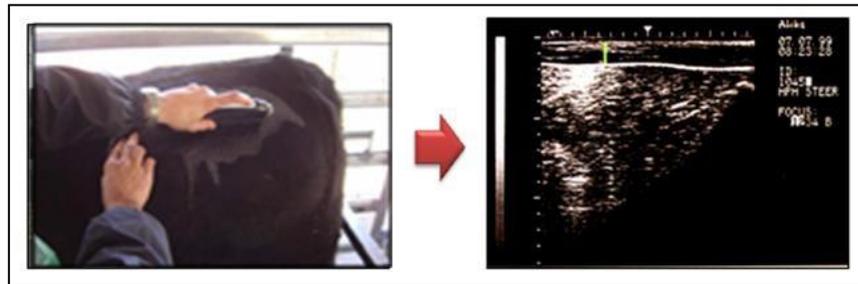


Figura 13. Toma ecográfica de la espesura de grasa de cadera
Adaptado de (Wilson, 2004; Mazón, 2016).

3.4.3 Medición de las áreas de estudio *post-mortem*

La medición de las áreas de estudio *post-mortem* llevadas a cabo el día domingo 5 de septiembre de 2019 se realizaron acorde a su protocolo de seguimiento detallado en el anexo 3.

Durante la ejecución *post-mortem* se realizaron actividades de medición del área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal, espesura de grasa de cadera y recolección los datos.

3.4.3.1 Medición del área del ojo de lomo

En base a entrevista con L. Sugisawa (comunicación personal, 18 de julio, 2018), para medir el área del ojo de lomo es necesario realizar un corte de manera transversal en la media canal entre la décima segunda y décima tercera costilla en el músculo *Longissimus dorsi*, posteriormente a este corte se expone el área buscada y finalmente mediante la utilización de una malla de puntos se determina el área expresada en centímetros cuadrados como se indica en la figura 14.



Figura 14. Medición del área del ojo de lomo
Tomado de DGT Brasil (2018).

3.4.3.2 Medición de la espesura de grasa dorsal

Mediante entrevista con G. Daminelli (comunicado personal, 18 de julio, 2018), en el 2018, la medición de la espesura de grasa dorsal en medias canales se realiza con la toma del depósito graso del borde dorsal del área del ojo de lomo como se presenta en la figura 15.



Figura 15. Medición de la espesura de grasa dorsal
Tomado de DGT Brasil (2018).

3.4.3.3 Medición de la espesura de grasa de cadera

Acorde a entrevista con M. Lopes (comunicado personal, 18 de julio, 2018), para medir la espesura de grasa de cadera en medias canales, se debe ubicar el pie de

rey en la coyuntura del músculo glúteo medio y el bíceps femoral.

3.4.4 Registro y tabulación de datos

El registro y tabulación de datos se realizó a la par de la ejecución de la fase *in-vivo* y *post-mortem*, para lo cual la información recolectada fue anotada en una hoja de registro específica (Anexo 4), y tabulados en el programa Microsoft Office Excel, tomando en consideración la identificación de cada animal con respecto al área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura de grasa de cadera.

3.4.5 Análisis y evaluación de resultados

Las medidas obtenidas en el estudio *in-vivo* y *post-mortem* del presente trabajo, fueron analizadas, evaluadas y discutidas en base a los resultados obtenidos mediante la utilización del programa estadístico IBM SPSS.

3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico inició con la tabulación de los datos *in-vivo* y *post-mortem*, recolectados en el programa Microsoft Office Excel.

Mediante el empleo del programa estadístico IBM SPSS, se calcularon las medidas de tendencia central: media, mediana, moda, desviación, varianza, rango, mínimo, máximo y error, además se realizó una prueba de comparación de medidas en base a la utilización de la prueba estadística ANOVA con un nivel de confianza del 95% y la prueba post-hoc de Duncan para determinar significancia entre los resultados.

3.5.1 Variables

Las variables de estudio analizadas en este trabajo se detallan en la tabla 5.

Tabla 5

Variables del estudio.

Variables del estudio					
Variable	Tipo de variable	Definición	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Medición <i>in-vivo</i> y <i>post-mortem</i>	Cualitativa independiente	Momento en que será realizada la evaluación	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Área del ojo de lomo	Cuantitativa dependiente	Área localizada entre la 12va y 13va costilla en el músculo <i>Longissimus dorsi</i>	Medida del área del ojo de lomo	Centímetros cuadrados (cm ²)	Medición directa con ecógrafo portátil HandScan V7 Y un transductor lineal
Espesura de grasa dorsal	Cuantitativa dependiente	Área localizada a $\frac{3}{4}$ de distancia del borde	Medida de la espesura de grasa dorsal	Milímetros (mm)	Medición directa con ecógrafo portátil HandScan V7

		medial en dirección del borde lateral del músculo <i>Longissimus dorsi</i>			Y un transductor lineal
Espesura de grasa De cadera	Cuantitativa dependiente	Área localizada entre la coyuntura del músculo glúteo medio y el bíceps femoral	Medida de espesura de grasa de cadera	Milímetros (mm)	Medición directa con ecógrafo portátil HandScan V7 Y un transductor lineal

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1 Resultados

La tabla 6 muestra los resultados de las medidas de dispersión del área del ojo de lomo, en esta se evidenció que la media de 64,550 cm² se mantuvo igual en las cuatro tomas lo cual indica que no hubo crecimiento del músculo *Longissimus dorsi*; por otra parte la desviación, la varianza y el rango presentaron un resultado alto, lo cual determinó que las mediciones obtenidas fueron heterogéneas.

Tabla 6

Resultados de las medidas de dispersión del área del ojo de lomo.

		Primera toma (cm ²)	Segunda toma (cm ²)	Tercera toma (cm ²)	Cuarta toma (cm ²)
N	Válido	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	64,550	64,550	64,550	64,550
	Error estándar de la Media	,9746	,9746	,9746	,9746
	Mediana	65,000	65,000	65,000	65,000
	Moda	65,0	65,0	65,0	65,0
	Desviación estándar	4,3586	4,3586	4,3586	4,3586
	Varianza	18,997	18,997	18,997	18,997
	Rango	21,0	21,0	21,0	21,0
	Mínimo	54,0	54,0	54,0	54,0
	Máximo	75,0	75,0	75,0	75,0

La tabla 7 expone los resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa dorsal, en esta se visualizó un incremento gradual en la media de la primera (2,295 mm), segunda (2,795 mm) y tercera toma (3,295 mm), no obstante, el resultado de la cuarta toma (3,285 mm) fue inferior a la tercera, esto indicó que efectivamente existió un incremento de grasa dorsal sobre los animales evaluados durante el tiempo de estudio. La desviación, la varianza y el rango presentaron medidas bajas, revelando así que los resultados de las mediciones fueron homogéneos.

Tabla 7

Resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa dorsal.

		Primera toma (mm)	Segunda toma (mm)	Tercera toma (mm)	Cuarta toma (mm)
N	Válido	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	2,295	2,795	3,295	3,285
	Error estándar de la Media	,1157	,1157	,1157	,1136
	Mediana	2,100	2,600	3,100	3,100
	Moda	2,8	3,3	3,8	3,1 ^a
	Desviación estándar	,5176	,5176	,5176	,5081
	Varianza	,268	,268	,268	,258
	Rango	1,3	1,3	1,3	1,3
	Mínimo	1,5	2,0	2,5	2,5
	Máximo	2,8	3,3	3,8	3,8

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más bajo.

La tabla 8 presenta los resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa de cadera, en esta se evidenció un incremento gradual en la media de la primera (3,295 mm), segunda (3,795 mm) y tercera toma (4,295 mm), sin

embargo, la cuarta toma (4,285 mm) indicó un valor inferior a la tercera, mostrando de esta manera que existió un aumento de grasa de cadera sobre los animales evaluados durante el periodo de estudio. La desviación, la varianza y el rango mostraron bajas medidas, lo cual determinó que los resultados de las mediciones sean homogéneos.

Tabla 8

Resultados de las medidas de dispersión de la espesura de grasa de cadera.

		Primera toma (mm)	Segunda toma (mm)	Tercera toma (mm)	Cuarta toma (mm)
N	Válido	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	3,295	3,795	4,295	4,285
	Error estándar de la Media	,1157	,1157	,1157	,1136
	Mediana	3,100	3,600	4,100	4,100
	Moda	3,8	4,3	4,8	4,1 ^a
	Desviación estándar	,5176	,5176	,5176	,5081
	Varianza	,268	,268	,268	,258
	Rango	1,3	1,3	1,3	1,3
	Mínimo	2,5	3,0	3,5	3,5
	Máximo	3,8	4,3	4,8	4,8

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más bajo.

La tabla 9 presenta el resultado del test estadístico ANOVA con confiabilidad de 95% para el área del ojo de lomo. El resultado arroja un *p-valor* de 1,000, lo cual determinó que las medidas fueron iguales, por tanto no hubo diferencia significativa entre los grupos. De esta manera se aceptó la hipótesis nula dado que las medias obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* no difirieron con la medición *post-mortem*.

Tabla 9

Resultados del área del ojo de lomo con el test estadístico ANOVA.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	,000	1,000
Dentro de grupos	1443,800	76	18,997		
Total	1443,800	79			

La tabla 10 expone el resultado del test estadístico ANOVA con confiabilidad de 95% para la espesura de grasa dorsal. El resultado presentó un *p-valor* de 0,000, lo cual determinó que existió diferencia significativa entre los grupos, por tanto las mediciones no fueron iguales.

Tabla 10

Resultados de la espesura de grasa dorsal con el test estadístico ANOVA.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,601	3	4,534	17,080	,000
Dentro de grupos	20,174	76	,265		
Total	33,775	79			

La tabla 11 muestra el resultado de la prueba post-hoc de Duncan para la espesura de grasa dorsal. El resultado indicó diferencia entre la medición 1 - 2; 2 - 3 y 2 - 4, e igualdad estadística entre la medición 3 - 4. Lo cual determinó la aceptación de la hipótesis nula, ya que la última medida obtenida por ultrasonografía *in-vivo* no difirió con la medición *post-mortem*.

Tabla 11

Resultados de la espesura de grasa dorsal con la prueba post-hoc de Duncan.

		Subconjunto para alfa = 0.05			
	Medición	N	1	2	3
Duncan^a	Medición 1	20	2,295		
	Medición 2	20		2,795	
	Medición 4	20			3,285
	Medición 3	20			3,295
	Sig.		1,000	1,000	,951

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20,000.

La tabla 12 muestra el resultado del test estadístico ANOVA con confiabilidad de 95% para la espesura de grasa de cadera. El resultado indicó un *p-valor* de 0,000, esto significa que las mediciones entre los grupos fueron diferentes, por tanto se presentó diferencia significativa.

Tabla 12

Resultados de la espesura de grasa de cadera con el test estadístico ANOVA.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,602	3	4,534	17,080	,000
Dentro de grupos	20,174	76	,265		
Total	33,776	79			

La tabla 13 expone el resultado de la prueba post-hoc de Duncan para la espesura de grasa de cadera. El resultado mostró diferencia entre la medición 1 - 2; 2 - 3 y 2 - 4, e igualdad estadística entre la medición 3 - 4. Esto determinó la aceptación de la hipótesis nula, puesto que la última medida obtenida por ultrasonografía *in-vivo* no difirió con la medición *post-mortem*.

Tabla 13

Resultados de la espesura de grasa de cadera con la prueba post-hoc de Duncan.

Subconjunto para alfa = 0.05					
	Medición	N	1	2	3
Duncan^a	Medición 1	20	3,295		
	Medición 2	20		3,795	
	Medición 4	20			4,285
	Medición 3	20			4,295
	Sig.		1,000	1,000	,951

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 20,000.

La tabla 14 presenta los resultados de ganancia de los parámetros de rendimiento cárnico, estos hallazgos exponen que el AOL no presentó ningún aumento en su medida durante la primera, segunda y tercera evaluación *in-vivo*, por otra parte la EGD y la EGC obtuvieron un incremento de 0,50 mm entre la primera y segunda toma ecográfica al igual que en la segunda y tercera medición.

Tabla 14

Resultados de ganancia de los parámetros de rendimiento cárnico.

AOL (cm²)		EGD (mm)		EGC (mm)	
1era - 2da medición	2da – 3era medición	1era - 2da medición	2da – 3era medición	1era - 2da medición	2da – 3era medición
0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50

En base a los resultados alcanzados se evidenció que para el AOL no existió diferencia significativa durante la evaluación *in-vivo*, su resultado de 64,550 cm² (media) obtenido por ultrasonografía no presentó cambio o variación y fue estadísticamente igual al ser comparado con los hallazgos *post-mortem*. En lo que

Respecto a la EGD y la EGC se reveló que para ambos casos existió un incremento de grasa igual a 0,50 mm por cada evaluación realizada *in-vivo*, esta evidencia a nivel *post-mortem* mostró que no existió diferencia significativa entre las últimas tomas ecográficas realizadas respectivamente.

4.2 Discusión

Houghton (1992) en su trabajo, indica que el ultrasonido puede ser usado en programas de acabado de carne y predicción de los días de alimentación hasta la salida del animal, tomando en consideración características de edad, sexo, raza y peso; esto se relaciona a lo mencionado por Kemp (2002), el cual destaca que el uso de esta tecnología permite la recopilación de datos de rendimiento cárnico animal de manera precisa en un lapso de tiempo definido, y por consiguiente la comercialización animal proporciona un mayor margen de ganancia, dado que el costo de mantenimiento y engorde justifica el beneficio económico para los productores, puesto que muchas veces no es rentable realizar el faenamiento, debido a que algunos animales pueden no cumplir con los parámetros de rendimiento requeridos; esto coincide con el uso práctico del ultrasonido en el presente estudio, resultado de que su aplicación proporcionó información necesaria para realizar el saque animal ya que estos presentaban edades de 1 año y 10 meses a 2 años y 1 mes, en las cuales la tasa de crecimiento muscular se mantiene sin cambio significativo y por otra parte la grasa de cobertura aumenta provocando de esta manera una reducción del tamaño muscular del animal (Ferrario, 2007), lo cual hubiera significado una pérdida económica para la hacienda "Cochauco" debido a un saque tardío.

Tejedo (2018) comparó las diferencias entre los parámetros cárnicos del área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal y espesura de grasa de cadera en 10 novillos de raza Aberdeen Angus, todo esto bajo la utilización de la ultrasonografía, esta evaluación fue realizada en tres tomas de imágenes

ecográficas las cuales fueron ejecutadas con un intervalo de 70 días entre la primera y segunda toma y de 33 días durante la segunda y tercera lectura; esto es similar a las condiciones de estudio del presente trabajo puesto que de igual manera se evaluó las diferencias de los parámetros de calidad cárnica en tres tomas ecográficas realizas con 29 días de diferencia entre la primera y segunda toma y de 30 días de la segunda y tercera medición; los resultados establecidos en el estudio con novillos muestra que para el AOL existió una ganancia de 19,1 cm² entre la primera y segunda toma ecográfica y de 3,1 cm² en la segunda y tercera toma, no obstante este trabajo obtuvo como resultado del AOL una media igual a 65,550 cm², medida que se mantuvo constante durante todas las mediciones realizadas; Consigli (2014) justifica este hecho en base a la tasa de crecimiento muscular y a las edades homogéneas de todos los animales sujeto de estudio, puesto dicha tasa establece que el crecimiento del músculo permanece constante o puede descender dependiendo de la edad, estado de salud y nutrición animal; en lo que respecta la EGD y la EGC los resultados de Tejedo (2018) muestran que la EGD presentó una ganancia de 3,1 mm y la EGC 3,2 mm entre la primera y segunda evaluación y durante la segunda y tercera lectura la EGD ganó 1,5 mm mientras que la EGC obtuvo 1,6 mm; los hallazgos alcanzados en este trabajo reflejaron un crecimiento de 0,5 mm tanto para la EGD como para la EGC en la primera y segunda toma ecográfica al igual que para la segunda y tercera medición respectivamente; por otra parte el porcentaje de engrasamiento evaluado en los 3 meses de estudio de este trabajo fue de 43,47%, este hallazgo difiere al alcanzado por López (2006) cuyo resultado de aumento graso fue igual a 12,65% en un periodo de 50 a 70 días, esto se demuestra debido a que su investigación fue realizada en vacas Holstein, cuya raza corresponde a una de biotipo lechero.

Rodríguez (2018) en base a la utilización de la prueba de comparación múltiple de Bonferroni con un nivel de significancia igual a 0,05, comparó a un nivel *in-vivo* y *post-mortem* las medidas de los parámetros de evaluación cárnica bovina, el resultado de este análisis estadístico proyectó un *p-valor* >0,05, esto demostró

que no hubo diferencia significativa entre sus grupos de estudio; este hallazgo concuerda con los resultados estadísticos alcanzados en este trabajo, donde los parámetros del área del ojo de lomo, la espesura de grasa dorsal y la espesura de grasa de cadera, fueron comparados en la fase *in-vivo* versus la *post-mortem* bajo un nivel de confiabilidad de 95%; mediante la utilización del test ANOVA, se obtuvo un *p-valor* de 1,000 para el AOL, esto determinó que no existió diferencia significativa entre los grupos, a su vez este test arrojó un *p-valor* igual 0,000 tanto para la EGD como para la EGC, estableciendo de esta manera diferencia significativa para ambos casos; seguido a esto se ejecutó la prueba post-hoc de Duncan para la EGD y la EGC, los resultados de la misma demostraron que para cada uno de los parámetros la última medición por ultrasonografía no difirió con la realizada a nivel *post-mortem*, verificando de esta manera la aceptación de la hipótesis nula del presente trabajo, que indica que las medidas de parámetros de calidad cárnica obtenidas por ultrasonografía *in-vivo* no difirieron con la medición *post-mortem*.

4.3 Limitantes

La limitante en este trabajo fue el brete o manga de manejo, puesto su infraestructura no permitía la correcta inmovilización animal, razón por la cual se realizó una adaptación para de esta manera restringir el movimiento animal reduciendo así la dificultad en la toma de imágenes ecográficas.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La toma de imágenes por ultrasonografía *in-vivo* del área del ojo de lomo no presentó diferencia significativa durante las tres tomas ecográficas, estas mediciones fueron estadísticamente iguales al ser comparadas con el estudio de este parámetro a nivel *post-mortem*, además a nivel estadístico no se evidenció diferencia significativa.

Durante la evaluación ecográfica *in-vivo* de la espesura de grasa dorsal y la espesura de grasa de cadera se evidenció que en ambos parámetros existió un incremento entre la primera, segunda y tercera medición por ultrasonografía. El estudio de estos parámetros a nivel *post-mortem* revelaron que no existió diferencia significativa con los resultados obtenidos de la última toma ecográfica.

En base a los análisis realizados se concluye que las medidas de los parámetros de calidad cárnica (AOL, EGD, EGC) obtenidos por ultrasonografía *in-vivo* estadísticamente no difieren con la medición *post-mortem*.

Al obtener resultados confiables en base a una comparación *in-vivo* y *post-mortem*, es evidente el porqué de la importancia en el empleo de la ultrasonografía de carcasas como herramienta para determinar y optimizar las características cárnicas del bovino, justificando de esta manera su implementación.

5.2 Recomendaciones

Realizar un proyecto donde el marmoleo sea incluido en los parámetros de calidad cárnica, y sean sujetos de comparación *post-mortem* en bovinos previamente

seleccionados bajo criterios específicos de inclusión y exclusión.

Efectuar un estudio de comparación de las medidas de parámetros de calidad cárnica por ultrasonografía *in-vivo* con un paralelo análisis de las medidas *post-mortem* entre diferentes razas bovinas.

Analizar los cambios que ocurren en el área del ojo de lomo, espesura de grasa dorsal, espesura de grasa de cadera y marmoleo mediante ultrasonografía en base a la administración de diferentes tipos de alimento en la etapa de finalización del engorde animal.

REFERENCIAS

- Bavera, G & Peñafort, C. (2005). *CONDICIÓN CORPORAL (CC)*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/52-condicion_corporal_cc.pdf
- Bertrand, J. (2001). *Genetic evaluation for beef carcass traits*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de https://academic.oup.com/jas/article-abstract/79/suppl_E/E190/4683785
- Bilbao, J. (2019). *El Ecógrafo Transductores*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://www.aepap.org/sites/default/files/documento/archivos-adjuntos/ecoclipvol2.pdf>
- Castañeda, E. (2014). *Principios básicos de ultrasonido*. Recuperado el 6 de octubre de 2019, de <https://slideplayer.es/slide/2439976/>
- CLIMATE-DATA.ORG. (2018). *CLIMA PINTAG*. Recuperado el 01 de mayo de 2019, de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pichincha/pintag-278712/?amp=true>
- Consigli, R. (2014). *Influencia de la genética en la calidad de la res y carne*. Recuperado el 19 de diciembre de 2019, de <http://agro.unc.edu.ar/~mejoramientoanimal/wp-content/uploads/2014/11/PRACTICO-5-Gen%C3%A9tica-y-Calidad-de-Carne-resumido.pdf>
- DGT Brasil. (2018). Evaluación de ultrasonografía de carcasa. En S. BIA, *Ultrasonografía de carcasa* (pág. 6). Presidente Prudente - SP: DGT Brasil.

Díaz, N. (2007). *Metodología y técnicas. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familia-semergen-40-articulo-metodologia-tecnicas-ecografia-principios-fisicos-13109445>

Ferrario, J. (2007). *ESTUDIO DE CARACTERÍSTICAS DE CARCASA*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/67-medir.pdf

FPTA. (2001). *Utilización de ultrasonografía para la predicción de la composición y calidad de canal*. Recuperado el 19 de abril de 2019, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5703/1/14432230209155402.pdf>

Girón, L. (2013). *Principios básicos de la ecografía*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://es.slideshare.net/r.anestesia.ces/principios-basicos-de-ecografa>

Google Earth. (2019). *Coordenadas*. Recuperado el 01 de mayo de 2019, de <https://earth.google.com/web/@-0.3541207,-78.36112298,2800.98628925a,281.63861207d,35y,-3.95701182h,15.29615103t,0r>

Granados, M. (2016). *Principios básicos de ecografía*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de https://continuum.aeped.es/files/guias/Material_descarga_unidad_1_ecocardiografia.pdf

Hamlin, K. (1995). *Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and*

longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. Recuperado el 02 de abril de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/15526224_Real-time_ultrasonic_measurement_of_fat_thickness_and_longissimus_muscle_area_II_Relationship_between_real-time_ultrasound_measures_and_carcass_retail_yield

Kemp, J. (01 de junio de 2002). *Genetic and environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits.* Recuperado el 25 de enero de 2020, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12078728>

López, F. (2006). *Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas holstein.* Recuperado el 19 de diciembre de 2019, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-RelacionEntreCondicionCorporalYEficienciaReproduct-6117891.pdf>

Mazón, J. (2016). *Ecografía de carne en la res bovina.* Recuperado el 19 de abril de 2019, de <http://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/151379-Ecografia-de-carne-en-la-res-bovina.html>

Houghton, P. (1992). *Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review.* Recuperado el 2 de abril de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1564012>

LNFA. (2018). *REPETIBILIDAD.* Recuperado el 25 de octubre de 2019, de <http://www.infas.com.ar/repetibilidad-y-reproducibilidad/>

Osuna, L. (2016). *Ecografía : Ondas sonoras.* Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de https://www.onmeda.es/exploracion_tratamiento/ecografia-ondas-sonoras-2378-2.html

Piccirillo, D. (2008). *Ultrasonido para calidad de carnes*. Recuperado el 28 de septiembre de 2019, de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/64-calidad_carnes.pdf

Rodríguez, K. (2018). *Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos*. Recuperado el 20 de diciembre de 2019, de https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43754020010/html/index.html#redalyc_43754020010_ref61

Sistema Nacional de Información. (2015). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO*. Recuperado el 01 de mayo de 2019, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768069580001_PINTAG%20Diagnostico_30-10-2

Tejedo, T. (mayo de 2018). *Evaluación de la composición y calidad de carcasa a través de técnicas de ultrasonografía en novillos en feedlot*. Recuperado el 11 de febrero de 2020, de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1781/Tejedo%2c%20Tom%c3%a1s.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Ucha, F. (2010). *Definición de Exactitud*. Recuperado el 25 de octubre de 2019, de <https://www.definicionabc.com/general/exactitud.php>

UVA. (junio de 2015). *El Ecógrafo*. Recuperado el 19 de abril de 2019, de https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io1/public_html/ecografo.html

- Vargas, A. (2008). *Principios físicos básicos del ultrasonido, sonoanatomía*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2008/or086e.pdf>
- Williams, R. (1997). *Biceps femoris and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9027542>
- Wilson, D. (1992). *Application of ultrasound for genetic improvement*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/70/3/973/4632142>
- Wilson, D. (1993). *Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/71/9/2365/4718943>
- Wilson, D. (1999). *Prediction of Carcass Traits Using Live Animal*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1001&context=beefreports_1998
- Wilson, D. (2004). *Beef cattle real-time ultrasound scanning*. Recuperado el 01 de septiembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0120-0690200700030001500086&lng=en&pid=S0120-06902007000300015>

ANEXOS

ANEXO 1

Categorización de la condición corporal en escala 1-9.

Clasificación	Características
1.Flaco	Los huesos de la espalada, costillas, dorso, caderas y anca son prominentes y fácilmente visibles, además hay pérdida de la musculatura.
2.Muy delgado	Depósitos grasos imperceptibles, pero se observa algo de musculatura en los cuartos posteriores. La espina dorsal es prominente y los espacios entre las protuberancias son fácilmente visibles.
3.Delgado	La columna vertebral es bastante visible. Las protuberancias de la espina dorsal pueden ser identificadas de manera individual al tacto, o aún verse. Los espacios entre las protuberancias son menos notorios.
4.Regular	Las costillas anteriores no se notan visualmente, sin embargo, la 12va y 13va costilla son notadas con claridad, especialmente en ganado con amplio arco de costillas o que están bien separadas. Las protuberancias laterales de la espina dorsal pueden identificarse solamente al tacto, presionando suavemente, y se notan redondeadas en lugar de puntiagudas. Los músculos de cuartos posteriores se presentan poco desarrollados.
5.Moderado	Las 12va y 13va costilla no se observan a menos que el

	animal este desbastado. Las protuberancias laterales de la espina dorsal no son visibles; pueden ser identificadas por medio del tacto con fuerte presión y se notan redondeadas. El área alrededor de la base de la cola aparece llena, pero no sobresale.
6.Bueno	Las costillas no son visibles, estas aparecen totalmente cubiertas. Los cuartos posteriores se observan bien desarrollados. La cobertura grasa del costillar anterior y la base de la cola se notan esponjosas. Las protuberancias laterales de la columna vertebral pueden notarse solamente con fuerte presión.
7.Muy bueno	Las puntas de la espina dorsal pueden notarse solo con una fuerte presión y los espacios entre las protuberancias laterales difícilmente pueden ser distinguidas. Se observa bastante grasa de cobertura en la base de la cola.
8.Gordo	La apariencia del animal es compacta, redondeada y la estructura ósea no es observada. La grasa de cobertura es gruesa y esponjosa en partes.
9.Muy gordo	La estructura ósea no se observa o se palpa con facilidad. La base de la cola se encuentra totalmente cubierta de grasa, La movilidad del animal se dificulta debido al exceso de grasa.
Cada grado equivale alrededor de 25 – 35 Kg. dependiendo del tamaño del animal.	

Adaptado de (Bavera, G & Peñafort, C, 2005).

ANEXO 2

Protocolo para la toma de imágenes ecográficas *in-vivo*

Protocolo para la toma de imágenes ecográficas <i>in-vivo</i>
<p>Materiales:</p> <p>Cepillo con cerdas metálicas para bovinos</p> <p>Rasuradora eléctrica</p> <p>Aceite de cocina</p> <p>Ecógrafo portátil HandScan V7</p> <p>Transductor lineal</p> <p>Standoff para transductor lineal</p> <p>Bolígrafo de color azul</p> <p>Hoja de registro de datos</p> <p>Carpeta plástica</p> <p>Paño de algodón</p>
<p>Seguimiento:</p> <p>Verificar que la temperatura climática no sea inferior a 7 °C</p> <p>Movilización de los animales al brete o manga</p> <p>Inmovilización de los animales</p> <p>Limpieza de las superficies donde se realizará la toma ecográfica con un cepillo de cerdas metálicas para bovinos</p> <p>En caso de que el animal presente pelo muy largo, este debe ser cortado con una rasuradora eléctrica a contra pelo</p> <p>Alistar y encender el equipo ecográfico</p> <p>Verter aceite en la superficie de estudio y toma de imágenes:</p> <p>Área del ojo de lomo:</p> <p>Entre la 12va y 13va costilla en el músculo <i>Longissimus dorsi</i></p> <p>Uso del Standoff, con el transductor entre la comisura de las costillas</p>

Espesura de grasa dorsal:

A $\frac{3}{4}$ de distancia del borde medial en dirección al borde lateral del músculo

Longissimus dorsi

Transductor en sentido del borde medial en dirección del borde lateral del músculo *Longissimus dorsi*

Espesura de grasa de cadera:

En la coyuntura del músculo glúteo medio y el bíceps femoral

Transductor en sentido de ambos músculos

Anotar los resultados de cada una de las áreas de estudio en la hoja de registro de datos

Guardar la hoja de registro de datos en la carpeta plástica

. Limpieza del equipo ecográfico y guardado seguro

. Salida de los animales del brete o la manga

ANEXO 3

Protocolo para la medición de las áreas de estudio *post-mortem*

Protocolo para la medición de las áreas de estudio <i>post-mortem</i>
Materiales: Pie de rey Bolígrafo de color azul Hoja de registro de datos Carpeta plástica
Seguimiento: Reconociendo de las áreas de estudio para la medición Área del ojo de lomo Espesura de grasa dorsal Espesura de grasa de cadera Medición de las áreas de estudio Área del ojo de lomo: realizar un corte de manera transversal en la media canal entre la 12va y 13va costilla, exponer el área buscada y finalmente mediante la utilización de una malla de puntos se determina el área expresada en centímetros cuadrados. Espesura de grasa de dorsal: en media canal ubicar el pie de rey en la capa grasa situada a dorsal del área del ojo de lomo Espesura de grasa de cadera: en media canal ubicar el pie de rey en la coyuntura del músculo glúteo medio y el bíceps femoral. Anotar los resultados de cada una de las áreas de estudio en la hoja de registro de datos Guardar la hoja de registro de datos en la carpeta plástica Limpieza del equipo de medición y guardado seguro

ANEXO 5

Registro fotográfico *in-vivo*



Selección de toros



Brete o manga de manejo



Equipo de ultrasonido HandScan V7



Toma ecográfica AOL



Toma ecográfica EGD



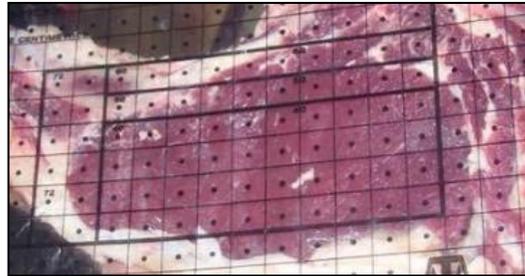
Toma ecográfica EGC

ANEXO 6

Registro fotográfico *post-mortem*



Evaluación en frigorífico



Medición *post-mortem* AOL



Medición *post-mortem* EGD



Medición *post-mortem* EGC

