

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA
ANTIGÜEDAD DE LOS HEMATOMAS OCURRIDOS EN LAS ÚLTIMAS
ETAPAS PREVIAS A LA FAENA EN BOVINOS PARA CARNE**

por

Sebastián URBINA ALEMÁN

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

Tesis aprobada por:

Directora:

Ing. Agr. Marcia del Campo

Ing. Agr. Gustavo Brito

Dra. Elize Van Lier

Dr. Juan Franco

Fecha:

22 de agosto de 2019

Autor:

Sebastián Urbina Alemán

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA Tacuarembó, por esta oportunidad.

A la Ing. Agr. Marcia del Campo, por la tutoría del trabajo.

Al director de INIA Tacuarembó, el Ing. Agr. Gustavo Brito, co-director del trabajo.

Al Ing. Agr. Juan Manuel Soares de Lima por la ayuda con el análisis estadístico de los datos.

A todo el personal de INIA que participó en el trabajo de campo.

A mis padres, hermanos y sobrinos por el apoyo durante estos años.

A mi novia por el apoyo a lo largo de mi carrera.

A mi abuela Chavela por todo el apoyo durante su vida.

A mi amigo Francisco López.

A mi tía Graciela y abuela Esther.

A mi tía Mercedes y mis primas María José y María Emilia.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>IMPORTANCIA DE LA GANADERÍA EN EL URUGUAY</u>	3
2.1.1. <u>La ganadería en Uruguay</u>	3
2.1.2. <u>Stock bovino</u>	5
2.1.3. <u>Industria</u>	5
2.1.3.1. Faena.....	5
2.1.3.2. Mercado interno.....	6
2.1.3.3. Exportaciones.....	7
2.1.4. <u>Pérdidas ocasionadas por mal manejo</u>	8
2.1.4.1. Hematomas.....	9
2.1.4.2. pH alto y cortes oscuros.....	11
2.1.4.3. Abscesos.....	12
2.1.4.4. Decomisos de hígado.....	13
2.1.4.5. Grasa amarilla.....	13
2.1.4.6. Marcas en el cuero.....	14
2.1.5. <u>Trabajos relevados</u>	15
2.2. <u>HEMATOMAS</u>	16
2.3. <u>FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA APARICIÓN DE HEMATOMAS</u>	17
2.3.1. <u>Factores propios del animal</u>	17
2.3.1.1. Características de la especie.....	17
2.3.1.2. Edad y sexo.....	18
2.3.1.3. Temperamento.....	19
2.3.1.4. Conformación y terminación.....	20
2.3.2. <u>Factores del ambiente</u>	21
2.3.2.1. Pre embarque.....	22
2.3.2.2. Carga, transporte y descarga.....	23
2.3.2.3. Pre faena.....	24
2.4. <u>CARACTERÍSTICAS DE LOS HEMATOMAS</u>	26
2.4.1. <u>Forma</u>	26

2.4.2.	<u>Color</u>	27
2.4.3.	<u>Número</u>	27
2.4.4.	<u>Tamaño</u>	28
2.4.5.	<u>Severidad</u>	28
2.4.6.	<u>Localización anatómica</u>	29
2.5.	MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EDAD DE LOS HEMATOMAS.....	30
2.5.1.	<u>Ecografía</u>	30
2.5.2.	<u>Color subjetivo</u>	31
2.5.3.	<u>Color objetivo</u>	32
2.5.4.	<u>Temperatura</u>	33
2.5.5.	<u>Elastosonografía</u>	34
2.5.6.	<u>Análisis histológicos</u>	36
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	37
3.1.	ESTUDIO LONGITUDINAL IN VIVO.....	37
3.1.1.	<u>Ecografía</u>	37
3.2.	ESTUDIO POST MORTEM.....	39
3.2.1.	<u>Color subjetivo</u>	39
3.2.2.	<u>Color objetivo</u>	40
3.2.3.	<u>Temperatura</u>	40
3.2.4.	<u>Elastosonografía</u>	41
3.2.5.	<u>Análisis histológicos</u>	42
	3.2.5.1. Macroscopía.....	43
	3.2.5.2. Microscopía.....	43
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	44
4.1.	ECOGRAFÍA.....	44
4.2.	COLOR SUBJETIVO.....	45
4.3.	COLOR OBJETIVO.....	46
4.4.	TEMPERATURA.....	47
4.5.	ELASTOSONOGRAFÍA.....	48
4.6.	ANÁLISIS HISTOLÓGICOS.....	50
	4.6.1. <u>Macroscopía</u>	50
	4.6.2. <u>Microscopía</u>	52
	4.6.2.1. Hemorragia.....	52
	4.6.2.2. Necrosis.....	53
	4.6.2.3. Infiltrado inflamatorio.....	55
	4.6.2.4. Edema.....	56
	4.6.2.5. Fibrosis.....	57
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	58

6. <u>RESUMEN</u>	60
7. <u>SUMMARY</u>	62
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	64
9. <u>ANEXOS</u>	70

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Caracterización general de la ganadería.....	4
2. Número de explotaciones con ganadería y superficie total, según orientación ganadera.....	4
3. Existencias de vacunos según categoría.....	5
4. Faena total de bovinos.....	6
5. Faena total de vacunos, por categoría (cabezas).....	6
6. Faena de bovinos destinada al mercado interno.....	7
7. Porcentajes de partición de las diferentes carnes en el mercado interno.....	7
8. Exportaciones de carne bovina, por destino, en peso de embarque y en miles de dólares.....	8
9. Valoración de las pérdidas en la auditoría del año 2013/15.....	9
10. Evolución de la incidencia de hematomas (%) desde la primera (2003) a la tercera auditoría (2013/15).....	10
11. Valoración comparativa de las pérdidas por hematomas (U\$\$/animal y totales) entre la primera y tercera auditoría.....	10
12. Vías de las pérdidas económicas por la presencia de hematomas.....	10
13. Trabajos relevados.....	15
14. Presencia de cuernos (%) en el total de animales evaluados en la tercera auditoría.....	22
15. Número de hematomas respecto al total de canales evaluadas.....	27
16. Grado de severidad en los trabajos relevados.....	29

17. Distribución de hematomas según región (%).....	30
18. Observaciones de color utilizadas para estimar la antigüedad de los hematomas.....	31
19. Escala visual de Gracey.....	41
20. Clasificación de hematomas mediante la escala de Gracey.....	46
21. Datos de color, obtenidos con el colorímetro Minolta.....	47
22. Datos de temperatura de la cámara FLIR.....	48
23. Datos de temperatura de la cámara FLIR agrupados en dos tratamientos.....	49
24. Datos de temperatura de la cámara FLIR agrupados en tres tratamientos.....	49
25. Datos de elasticidad de los tejidos de los 6 tratamientos por separado.....	50
26. Datos de elasticidad de los tejidos agrupando en 3 tratamientos.....	50
27. Macroscopía inmediatamente después de la faena.....	51
28. Macroscopía realizada 24 horas post faena (en laboratorio).....	52
29. Comparación de diferentes momentos de realizado el análisis macroscópico.....	52
30. Presencia de hemorragia.....	53
31. Presencia de hemorragia luego de retirar 7 animales de la base de datos.....	54
32. Presencia de necrosis.....	54
33. Grado de necrosis.....	55
34. Presencia de infiltrado inflamatorio.....	56
35. Grado del infiltrado inflamatorio.....	56

36. Localización del infiltrado inflamatorio.....	57
37. Presencia de edema.....	57
38. Presencia de fibrosis.....	58

Figura No.

1. Porcentaje de novillos faenados, por edad.....	6
2. Presencia de hematomas en carcasas de bovinos.....	11
3. Corte de color normal (arriba) y corte oscuro (abajo).....	12
4. Tapa de cuadril con lesión por inyectable.	13
5. Grasas amarillas.....	14
6. Marcas en los cueros.....	15
7. Zona de fuga.....	18
8. Instalaciones.....	23
9. Lesión en el lomo de una canal bovina.....	25
10. Forma de los hematomas.....	26
11. Otras formas de los hematomas.....	26
12. Diferentes grados de severidad y localización en carcasas bovinas.....	28
13. Regiones más expuestas a golpes por mal manejo.....	29
14. Esquema de la técnica elastografía transitoria 1 dimensional.....	35
15. Evaluación de edad de hematomas en cerdos.....	36
16. Esquema del estudio longitudinal in vivo.....	39

17. Realización de ecografías del lado izquierdo y derecho del animal.....	39
18. Esquema del estudio post mortem.....	40
19. Medición de color objetivo mediante el uso de colorímetro.....	41
20. Medición de temperatura con cámara termográfica	42
21. Equipamiento utilizado para medición de elastosonografía.....	43
22. Medición de elastografía.....	43
23. Comparación de ecografías de un mismo animal en dos períodos de tiempo diferentes (lesionado vs. sano).....	45
24. Comparación de ecografías (lesionado con necrosis vs. lesionado sin necrosis).....	46
25. Hematoma de color rojo brillante (izquierda) y hematoma de color rojo oscuro (derecha).....	47
26. Determinación de temperatura mediante software de cámara FLIR.....	48
27. Toma de muestras por médica forense inmediatamente luego de la faena.....	52
28. Hematoma no visible a nivel superficial, con afección a nivel de músculo.....	56

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se realizó en el marco de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. El mismo corresponde al tercer ciclo, de profundización y síntesis, siendo requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

El trabajo fue realizado en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental del Norte, situada sobre la ruta 5, en el km 386 del departamento de Tacuarembó. El trabajo de campo constó de dos fases, la primera se realizó en la Unidad Experimental "GLENCOE" de INIA Tacuarembó, ubicada en el km 113 de la ruta 26, 20 km hacia el sur por camino vecinal, en el departamento de Paysandú. La segunda fase se realizó en la planta frigorífica de Tacuarembó del Grupo Tacuarembó MARFRIG, ubicada en el empalme entre las rutas 5 y 26 en ese departamento.

La supervisión y dirección estuvo a cargo de la Ing. Agr. Marcia del Campo, especialista en Bienestar Animal y Calidad de Carne, quien forma parte del Programa Nacional de Investigación de Carne y Lana de INIA.

Uruguay es uno de los principales exportadores de carne bovina del mundo. Las exigencias para ingresar a los mercados son cada vez mayores, por lo tanto, debe garantizar la calidad de sus productos, libres de contaminantes biológicos, físicos y químicos (producto inocuo).

Los consumidores de los países más desarrollados exigen que dentro de los esquemas de producción y comercialización se contemplen aspectos relativos al bienestar animal, constituyendo un atributo más de calidad del producto (calidad ética). Por lo tanto, se debe transmitir a los consumidores total confiabilidad, transparencia y sostenibilidad del producto.

Según estudios de auditorías realizados por INIA e INAC en los años 2013 a 2015, las pérdidas totales por mal manejo en la cadena cárnica uruguaya son de 30 millones y medio de dólares. La presencia de hematomas y el pH elevado (cortes oscuros) representan el 83% de las pérdidas totales (42% y 41% respectivamente). Esto tiene alto impacto en la economía del país y a su vez compromete seriamente el bienestar de los animales.

Cuando se analiza la incidencia de hematomas, los de severidad 2, que implican remoción de tejido muscular, en el año 2013/15 aumentaron el doble respecto al año 2008 (28% vs. 14%). Eso significa que, del total de canales evaluadas, el 28% presentaron al menos un hematoma de severidad 2.

En Uruguay, las distancias recorridas por los animales antes de la faena y los tiempos de transporte son relativamente cortos en comparación a otros países. Desde que un animal sale del predio hasta que es faenado, no pasan más de 24 horas. A su vez, el tiempo de espera en planta frigorífica es en promedio a nivel nacional, de 12 horas aproximadamente. Es así que, las ventanas de tiempo que existen para explorar son de muy pocas horas y en este trabajo se plantea construir curvas de caracterización del hematoma a lo largo de ese período corto de tiempo que comprende: embarque, transporte y espera en planta frigorífica.

De esta manera, conociendo la antigüedad o edad de los hematomas en las últimas etapas previas a la faena, será posible identificar su origen e implementar planes de capacitación para mejorar la calidad de vida de los animales en dichas etapas y minimizar las pérdidas económicas ocurridas por este factor.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Identificar una o la combinación de diversas herramientas que permitan determinar la antigüedad o edad de los hematomas en las etapas previas a la faena, para poder identificar su origen.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en el animal vivo, en base al uso de ecografías.
2. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en base al uso de una escala de medida subjetiva de color.
3. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en base al uso del colorímetro Minolta.
4. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en base al uso de cámara FLIR (medición de temperatura).
5. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en base al uso del elastógrafo.
6. Caracterizar la evolución del hematoma de edad conocida, en base al uso de análisis histológicos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DE LA GANADERÍA EN EL URUGUAY

2.1.1. La ganadería en Uruguay

La ganadería vacuna de carne ha sido, históricamente, la actividad productiva dominante en la economía uruguaya, desde la introducción de los primeros animales a inicios del siglo XVII (Carrquiry, 2011).

Según los datos del Censo general agropecuario del año 2011, la superficie total explotada de Uruguay es de 16.357.000 ha, de las cuales 12.727.000 ha (77,8%) se destinan a la ganadería (SPG = Superficie de Producción Ganadera). De esa superficie dedicada a la ganadería, 10.518.000 ha (64,3% del total explotado y 82,6% de la SPG) se realiza sobre campo natural. La restante superficie corresponde a mejoramientos forrajeros (campo natural mejorado y pasturas permanentes) y cultivos forrajeros anuales (verdeos de verano y verdeos de invierno).

En cuanto al potencial de producción de forraje, el clima y el suelo constituyen la base del ecosistema y afectan en forma notable y decisiva el comportamiento de las pasturas (Carámbula, 1991).

El clima presenta una gran variabilidad impuesta por períodos de heladas y sequías, no obstante, en general el clima puede ser catalogado como templado benigno, ya que permite a los animales permanecer bajo régimen de pastoreo durante todo el año (Carámbula, 1991).

Con respecto a suelos, el territorio uruguayo presenta un amplio espectro en tipos de suelo, como consecuencia de la gran variabilidad en los materiales geológicos y por la topografía local y el drenaje (Carámbula, 1991).

El principal componente del tapiz del campo natural son las gramíneas, constituido por especies invernales (tipo C3) y especies estivales (C4). No obstante, predominan las especies estivales, lo que lleva a una tendencia de disponer de una mayor producción de forraje en el período primavera-estivo-otoño. Por consiguiente, las especies invernales menos frecuentes, resultan de gran valor para sobrellevar la crisis invernal. Completando este grupo se encuentra una cantidad pequeña de leguminosas y un conjunto elevado de malezas. Sin embargo, la producción forrajera de Uruguay puede ser mejorada introduciendo especies tanto de clima templado como de clima subtropical que tiendan a enfrentar las deficiencias de materia seca, fundamentalmente en aquellos períodos en que el campo natural resulta insuficiente, en cantidad y

calidad, para cubrir las demandas nutricionales de los animales (Carámbula, 1991).

Según MGAP. DIEA (2016), existen 52.424 explotaciones que reúnen el total de vacunos del país. Las explotaciones ganaderas ocupan el 78% de la superficie con actividad ganadera y tienen el 79% de los vacunos existentes. Las explotaciones agrícola-ganaderas y lecheras ocupan el 17% y 5% de la superficie, y tienen el 14% y 7% de los vacunos, respectivamente (cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización general de la ganadería

Especialización productiva	Explotaciones		Vacunos		Superficie	
	(No.)	(%)	(miles cab.)	(%)	(miles ha)	(%)
Ganadera	43.091	82	9.374	79	12.384	78
Agrícola – ganadera	5.414	10	1.725	14	2.667	17
Lechera	3.919	8	812	7	771	5
TOTAL	52.424	100	11.911	100	15.822	100

Fuente: MGAP. DIEA (2016).

En el cuadro 2, se observa que del total de productores con actividad ganadera (ganadera y agrícola-ganadera), el 51% son criadores, los cuales crían terneros y terneras que se comercializan a terceros para realizar la recría y engorde de los mismos. Los recriadores exclusivos que compran el producto de los criadores y los venden cuando estos se hacen adultos representan el 5% del total, y el 11% son invernadores, los cuales engordan los animales y los venden para la faena. El 14% del total realizan el ciclo completo, los cuales realizan la cría, la recría y el engorde de los animales de su propia producción.

Cuadro 2. Número de explotaciones con ganadería y superficie total, según orientación ganadera (año agrícola 2014/15)

Orientación ganadera	Explotaciones		Superficie total	
	(No.)	(%)	(miles ha)	(%)
Criadores	24.738	51	7.468	50
Ciclo completo	6.632	14	3.515	23
Invernadores	5.330	11	2.406	16
Recriadores exclusivamente	2.191	5	276	2
Ovinos exclusivamente	1.333	3	123	1
Sin animales	8.281	17	1.263	8
TOTAL	48.505	100	15.051	100

Fuente: MGAP. DIEA (2016).

2.1.2. Stock bovino

Según los datos de MGAP. DIEA (2016), en el ejercicio agrícola 2014/15, el stock de vacunos fue 11.911.000 de cabezas. Las categorías más numerosas son las vacas de cría y los terneros/as, representando el 36% y el 23% del total de las existencias vacunas, respectivamente. Las vaquillonas y los novillos de 1 a 2 años constituyen el 11% y 10% respectivamente. Luego, un número menor de toros, vacas de invernada y vaquillonas y novillos mayores a 2 años de edad (cuadro 3).

Cuadro 3. Existencias de vacunos según categoría (año agrícola 2014/15)

Categorías	Existencias de vacunos	
	(miles cabezas)	(%)
Toros	172	1
Novillos más 3 años	515	4
Novillos 2 a 3 años	821	7
Novillos 1 a 2 años	1.174	10
Vacas de invernada	432	4
Vacas de cría	4.248	36
Vaquillonas más 2 años	527	4
Vaquillonas 1 a 2 años	1.270	11
Terneros y terneras	2.753	23
TOTAL	11.911	100

Fuente: MGAP. DIEA (2016).

2.1.3. Industria

Según los datos de INAC (2017), actualmente Uruguay cuenta con 36 establecimientos habilitados para la faena de bovinos, de los cuales 24 exportan carne bovina refrigerada. De estos 24 establecimientos que exportan carne refrigerada, solo 19 lo hacen a la mayoría de los destinos existentes (China, Unión Europea, Estados Unidos, Federación Rusa y otros mercados).

2.1.3.1. Faena

Según INAC (2017), en el ejercicio agrícola 2016/17 la faena de bovinos en establecimientos habilitados a nivel nacional fue 2.408.024 de cabezas (cuadro 4).

Cuadro 4. Faena total de bovinos (ejercicio agrícola 2016/17)

Período	Cabezas
2016 – sub total	1.196.380
2017 – sub total	1.211.644
TOTAL	2.408.024

Fuente: INAC (2017).

En cuanto a las categorías faenadas, se puede observar en el cuadro 5 que las vacas y novillos representan el 98% del total de animales faenados en establecimientos habilitados a nivel nacional.

Cuadro 5. Faena total de vacunos, por categoría, en cabezas (ejercicio agrícola 2016/17)

Período	Vacas	Novillos	Terneros	Toros	TOTAL
2016 – sub total	585.347	588.805	6.936	15.292	1.196.380
2017 – sub total	616.130	571.583	5.762	18.169	1.211.644
TOTAL	1.201.477	1.160.388	12.698	33.461	2.408.024
	50%	48%	1%	1%	100%

Fuente: INAC (2017).

El peso promedio en pie de todas las categorías faenadas fue 485,4 kg, el peso promedio en 4ª. balanza fue 252,4 y un rendimiento de 52% (INAC, 2017).

Cuando se analiza la categoría de novillos faenados por edad (figura 1), se observa que el 56% de los novillos son faenados con 6 o más dientes.

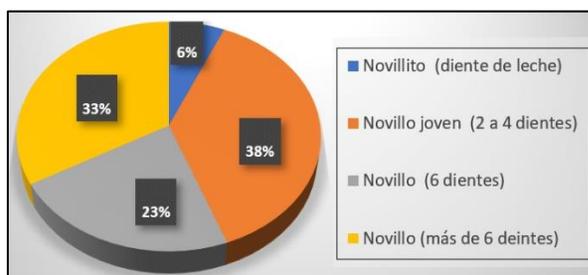


Figura 1. Porcentaje de novillos faenados por edad.

Fuente: INAC (2017).

2.1.3.2. Mercado interno

Según datos de INAC (2017), la faena de bovinos expedida hacia el mercado interno fue de 178.649.931 kg de peso canal, siendo el 86,8% carne

destinada al abasto y el 13,2% restante fue carne destinada a industria (cuadro 6).

Cuadro 6. Faena de bovinos destinada al mercado interno (año 2017)

	Peso canal	
	(kg)	(%)
Abasto	155.005.073	86,8
Industria	23.644.858	13,2
TOTAL	178.649.931	100

Fuente: INAC (2017).

En Uruguay, en el año 2017 el consumo total de carnes alcanzó la cifra de 100,9 kg/habitante/año, siendo el consumo de carne bovina el 59,2% (cuadro 7). Éste es el mayor consumo de carne por habitante a nivel mundial (MGAP. DIEA, 2016).

Cuadro 7. Porcentajes de participación de las diferentes carnes en el mercado interno (año 2017)

Carne bovina	59,2%
Carne aviar	20,4%
Carne porcina	18,3%
Carne ovina	3,0%

Fuente: INAC (2017).

2.1.3.3. Exportaciones

Según los datos de INAC (2017), en el ejercicio 2016/17, la exportación de carne bovina fue 1.564.011 miles de dólares, con un peso de embarque de 320.151 toneladas, un peso de canal de 462.362 toneladas por un valor de 3.383 U\$S/tonelada.

En cuanto a las exportaciones totales de carne bovina congelada, enfriada y productos cárnicos bovinos por destino, en toneladas de peso de embarque, para el ejercicio 2016/17 se observa que el 78,2% se realizó a China, Nafta y Unión Europea (47,4%; 18,4% y 12,5% respectivamente). De lo exportado al Nafta, el 74,7% se destinó a Estados Unidos.

Sin embargo, cuando se analizan las exportaciones totales de carne bovina congelada, enfriada y productos cárnicos bovinos por destino, en miles de dólares, para el ejercicio 2016/17, se observa que el 76,7% correspondió a los

mismos destinos (China, Unión Europea y Nafta), pero la Unión Europea pasa a tener mayor importancia económica que el Nafta (35,3%; 22,1% y 19,3%). Dentro del Nafta, el 82,4% está explicado por las exportaciones a Estados Unidos (cuadro 8).

Cuadro 8. Exportaciones de carne bovina, por destino, en peso de embarque y en miles de dólares (ejercicio agrícola 2016/17)

Destino	Peso embarque		Miles de dólares	
	(toneladas)	(%)	(miles USD)	(%)
ASIA	179.368	56,0	695.550	44,5
China	151.324	47,3	551.772	35,3
Israel	22.133	6,9	121.981	7,8
Otros	5.911	1,8	21.797	1,4
EUROPA	57.332	17,9	439.285	28,1
Unión Europea	40.106	12,5	345.044	22,1
Resto de Europa	17.226	5,4	94.241	6,0
AMÉRICA	80.134	25,0	420.500	26,9
Nafta	58.781	18,4	301.728	19,3
Mercosur	16.569	5,2	100.195	6,4
Resto de América	4.781	1,5	18.539	1,2
OCEANÍA	946	0,3	5.482	0,4
AFRICA	2.510	0,8	4.055	0,3
TOTAL	320.151	100	1.564.011	100

Fuente: INAC (2017).

2.1.4. Pérdidas ocasionadas por mal manejo

En los años 2002/2003, INIA e INAC, con la colaboración de la Universidad de Colorado (EEUU), llevaron a cabo la primera Auditoría de Calidad de Carne para determinar y cuantificar los principales factores responsables de las pérdidas de valor. Posteriormente, el proyecto se realizó en el 2008 (la segunda auditoría) y entre los años 2013 a 2015 (la tercera auditoría). Los objetivos principales de este trabajo de investigación que es realizado cada 5 años, son: a) cuantificar la incidencia de problemas de calidad a nivel de la industria cárnica uruguaya y b) definir nuevas líneas de investigación y definir estrategias para la superación de los principales defectos de calidad identificados.

En las tres auditorías realizadas en el país, se valoraron las pérdidas económicas causadas por los principales problemas encontrados en la calidad de la carne. Las principales pérdidas son causadas por la presencia de hematomas y por problemas de pH alto y cortes oscuros en la carne, seguidas por las pérdidas causadas por decomisos de hígados y excesivo amarillamiento de la grasa.

En el cuadro 9, se puede observar que los hematomas, junto al pH elevado y los cortes oscuros, son los problemas que causan las mayores pérdidas económicas en la cadena cárnica uruguaya.

Cuadro 9. Valoración de las pérdidas (U\$S/animal y totales por año) en la auditoría del año 2013/15

	Pérdidas/animal	Pérdidas totales anuales	(%)
Hematomas	6,48	12.842.649	42
Decomisos por inyectables	0,28	558.520	2
pH \geq 5,9 y cortes oscuros	6,40	12.686.000	41
Decomisos de hígado	1,77	3.496.973	11
Grasa amarilla	0,27	534.756	2
Daños en el cuero	0,30	589.494	2
Pérdidas totales	15,50	30.708.392	100

Fuente: Brito et al. (2017).

2.1.4.1. Hematomas

La presencia de hematomas es el principal problema de calidad encontrado en las últimas dos auditorías (INIA e INAC 2009, 2013, 2015). En el cuadro 10, se presenta la incidencia general de esta problemática, donde se observa que entre la primera auditoría (2003) y la segunda (2008) hubo un importante descenso, pero en la última auditoría (2013/15) la incidencia de hematomas se incrementó de forma importante respecto a la anterior. Estos resultados generales (hematomas totales) pueden estar parcialmente explicados por ajustes metodológicos aplicados en cada una de las tres auditorías (en especial en la tercera), en la caracterización de hematomas de severidad 1. Por otra parte, los hematomas de severidad 2, que implicar remoción de tejido muscular, son 100% comparables entre las tres auditorías realizadas.¹ Cuando se analiza la incidencia y la evolución de hematomas de severidad 2, se puede

¹ del Campo, M. 2018. Com. personal.

ver que en el 2013/15 estos aumentaron el doble con respecto al 2008, pero se mantienen por debajo de lo reportado en el año 2003.

Cuadro 10. Evolución de la incidencia de hematomas (%) desde la primera (2003) a la tercera auditoría (2013/15)

	Incidencia de hematomas	Hematomas severidad 2
Primera (2002/03)	60%	35%
Segunda (2007/08)	32%	14%
Tercera (2013/15)	73%	28%

Fuente: Brito et al. (2017).

En el cuadro 11, se puede observar la misma evolución que la incidencia de hematomas, entre la primera auditoría (2003) y la segunda (2008) hubo un importante descenso de las pérdidas económicas provocadas por este factor, pero en la última auditoría (2013/15) las pérdidas se incrementaron respecto a la auditoría anterior.

Cuadro 11. Valoración comparativa de las pérdidas por hematomas (U\$\$/animal y totales) entre la primera (2003) y tercera (2013) auditoría

	Pérdidas por animal	Pérdidas totales
Primera (2002/03)	8,27	16.373.983
Segunda (2007/08)	4,26	8.427.538
Tercera (2013/15)	6,48	12.842.649

Fuente: Brito et al. (2017).

Como se observa en el cuadro 12, las pérdidas económicas por la incidencia de hematomas se dan por dos vías distintas, una que es directa y la otra indirecta. Primero, ese hematoma debe ser removido de la canal (decomiso), y luego ese corte de carne puede ver afectado su calibre y cambiar de destino, ya sea destinarse a mercados menos exigentes o para carne industria.

Cuadro 12. Vías de las pérdidas económicas por la presencia de hematomas

	Pérdidas económicas (U\$\$)
kg de carne removidos	2.666.913
Cambio de destino del corte	10.175.736
TOTAL	12.842.649
U\$\$/animal	6,48

Fuente: Brito et al. (2017).



Figura 2. Presencia de hematomas en carcasas de bovinos.
Fuente: Brito et al. (2017).

2.1.4.2. pH alto y cortes oscuros

Según Garibotto (2004), en el animal vivo el pH es prácticamente neutro, oscilando entre 7 y 7,3. Con el desangrado y la muerte del animal se interrumpe en sistema circulatorio y el ácido láctico que se genera en el músculo como consecuencia del metabolismo anaeróbico (glucólisis anaeróbica) no puede ser transportado al hígado donde sería utilizado para la síntesis de glucosa y glucógeno. Esta acumulación de ácido láctico es la responsable del descenso del pH, que es un fenómeno requerido para un correcto proceso de transformación del músculo en carne. Este descenso debe producirse en forma gradual desde el pH inicial de 7,0 – 7,3 hasta valores de 5,5 – 5,7 a las 6 - 12 horas post-faena, para estabilizarse a las 24 horas post-mortem en valores ligeramente inferiores (5,4 aproximadamente).

El pH de la carne depende de factores intrínsecos tales como la especie, el tipo de músculo, el temperamento y la variabilidad entre animales, así como de factores extrínsecos tales como la temperatura ambiente, el manejo y la alimentación pre faena que influyen sobre las reservas de glucógeno del músculo en el momento del sacrificio (Immonn et al., Sañudo, citados por del Campo, 2008). En aquellos animales que llegan muy fatigados al momento de la faena, el pH desciende escasamente y en forma muy lenta, debido a que el glucógeno del músculo se ha consumido antes del sacrificio (Sañudo, citado por del Campo, 2008).

No solo el rigor mortis se instalará antes en aquellos animales que no presentan reservas de glucógeno y energía (estrés) sino que la poca disponibilidad de sustrato glucolítico en el músculo no permitirá la correcta acidificación del mismo. Un pH final (24 - 36 horas post-mortem) elevado en el músculo bovino, puede causar el indeseable fenómeno de corte oscuro (Kidwell, citado por del Campo, 2008). Además de la apariencia desagradable de este

fenómeno, se favorece el crecimiento bacteriano (Lawrie, citado por del Campo, 2008).

El corte oscuro se relaciona directamente con una disminución de los niveles de glucógeno muscular y hepático (Gallo et al., citados por Franco, 2010). Los principales motivos de falta de glucógeno en el músculo previo al sacrificio son, el mal manejo durante el transporte y en planta frigorífica, así como un inadecuado plano nutricional en la etapa de terminación (Pethick et al., citados por del Campo, 2008).

En los trabajos de auditorías realizados por INIA e INAC, se evaluó en forma visual la coloración de la carne a nivel de área de ojo de bife, registrándose si correspondía una coloración normal u oscura. La proporción de cortes oscuros ha ido disminuyendo desde la primera a la tercera auditoría (2003, 2008, 2013/2015): 19%, 11% y 9% respectivamente.



Figura 3. Corte de color normal (arriba) y corte oscuro (abajo).

Según estudios de Strappini (2012) basados en datos de dos frigoríficos chilenos, durante un período de un año, revela que la presencia de hematomas está significativamente asociada con el aumento del pH de las canales.

2.1.4.3. Abscesos

Un absceso es una infección e inflamación del tejido del organismo caracterizado por la hinchazón y la acumulación de pus. Puede ser externo y visible, sobre la piel, o bien interno (Brito et al., 2017).

Hay prácticas de manejo que, aunque lejanas en el tiempo al momento del embarque, pueden provocar perjuicios que se detectan en la etapa post-mortem deteriorando al producto final. Tal es el caso de la aplicación incorrecta de inyectables para la administración de vacunas, antibióticos, vitaminas, drogas antiparasitarias u otros fármacos, que dejan secuelas, a veces apenas

subcutáneas y otras veces en la profundidad de los músculos (Castro y Robaina, citados por Brito et al., 2017).

En la auditoría 2013/15, la presencia de abscesos en las canales fue de 6,8% durante toda la evaluación. Se observa una mayor proporción en los meses de otoño (10,1%) que en primavera (2,8%). La mayor proporción de abscesos encontrados en otoño coincide con la mayor proporción de los bultos encontrados en esta misma ronda. El 7,1% de los novillos evaluados presentaron abscesos, siguiendo las vacas con 6,7% y las vaquillonas 3,8% de presencia de abscesos. En cuanto a la distribución por región en el total de las canales evaluadas, se encontraron en el cuello (5,86%), en la paleta (0,34%), en el costillar (0,66%) y en el flanco (0,04%).

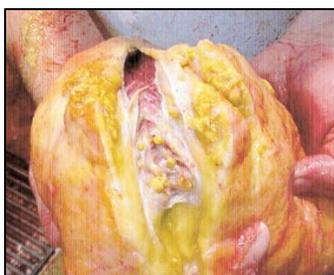


Figura 4. Tapa de cuadril con lesión por inyectable.
Fuente: Castro y Robaina (2003).

2.1.4.4. Decomisos de hígado

En la auditoría del 2008 se evaluaron los porcentajes de decomisos de lengua, cabeza, hígado, corazón, vísceras y canal. Dentro de estos, el decomiso de hígado fue el de mayor proporción, siendo mayor en la categoría de vacas: 36,7% (novillos), 65,1% (vacas) y 35,8% (vaquillonas).

En INIA e INAC (2013), los técnicos de la Inspección Veterinaria Oficial del MGAP decomisaron el 34% del total de hígados evaluados, registrándose un descenso respecto a la segunda auditoría en el año 2008 (46% vs. 34%). Las principales causas de decomisos de hígados fueron fasciola hepática viva y lesiones por fasciola.

2.1.4.5. Grasa amarilla

El color de la grasa presenta un efecto importante en las preferencias del consumidor (Barton, citado por del Campo, 2008). La terminación de animales en base a pasturas incrementa el amarillamiento de la grasa debido a la importante concentración de β caroteno en las pasturas, en comparación con los granos

(Tume et al., citados por del Campo, 2008) y también está asociada a un mayor período de engorde, por lo cual los animales se faenan con más edad (Shemeis, citado por del Campo, 2008).

Dentro de los principales destinos de la carne refrigerada exportada por Uruguay está la Unión Europea, y las preferencias de los consumidores presentan grandes variaciones según el destino en lo que refiere al color amarillo de la grasa. Los países del sur de la Unión Europea prefieren grasas blancas o cremas y no aceptan grasas amarillas (Albertí y Ripoll, 2010).

En la segunda (2008) y tercera (2013/15) auditoría uruguaya, se evaluó el color de grasa de cobertura de forma subjetiva y se puntuó con los estándares de color del AUS-MEAT. Se tomaron los grados 7 y 8 de esta escala como valores de rechazo por parte de la industria por presentar una coloración excesivamente amarilla. En la segunda auditoría las canales encontradas en estos grados fueron el 8%, mientras que en la tercera auditoría fueron solo el 0,7%.

En la tercera auditoría, el 87,7% de las canales se ubicaron en grados menores o iguales a 4, colores de grasa de mayor aceptación por parte del consumidor. En la categoría novillo, independiente de la dentición, la proporción de canales en este rango de la escala (de 0 a 4) fue superior al 90%.



Figura 5. Grasas amarillas.
Fuente: Brito et al. (2017).

2.1.4.6. Marcas en el cuero

Durante las auditorías, se evaluó la cantidad y ubicación de las marcas en el cuero. Del total de los animales evaluados en la última auditoría (2013), el 97% presentaron entre 1 y 2 marcas y 88% de las marcas se encontraron en la región de la grupa. Se observa un aumento en la proporción de animales con 1 y 2 marcas desde la primera (2003) a la tercera (2013) auditoría.

Los resultados de las auditorías indican que el número de marcas encontradas en el cuero de los animales viene disminuyendo (marcas/animal): 1,64 en 2003; 1,5 en 2008 y 1,3 en 2013/15, logrando de esta manera cueros con

menor número de marcas de fuego, brindando mejores condiciones para la utilización de los mismos por parte de las curtiembres (Brito et al., 2017).

En la auditoría de Estados Unidos (2011) de vaquillonas y novillos revela que el 55,2%; 42,2%; 4,6% y 0,02% de los animales presentaron 0, 1, 2 o 3 marcas, respectivamente (McKeith et al., citados por Brito et al., 2017).



Figura 6. Marcas en los cueros.
Fuente: Brito et al. (2017).

2.1.5. Trabajos relevados

Para llevar adelante este trabajo de investigación, se relevaron una serie de trabajos nacionales e internacionales que hacen referencia a lesiones traumáticas (hematomas) en las carcasas de bovinos (cuadro 13).

Cuadro 13. Trabajos relevados

Título	Autor/es (año publicación)
Primera auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay	INIA e INAC (2003)
Identificación, caracterización y cuantificación de las lesiones traumáticas que afectan el ganado de carne en las etapas que circundan a la faena (tesis de maestría)	Huertas Canén (2006)
Estudio de frecuencia de lesiones traumáticas que aparecen en una planta de faena de bovinos (tesis de grado)	Carabajal (2007)
Segunda auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay	Brito et al. (2011)
Prevalencia y caracterización de machucones en las reses vacunas faenadas en plantas de Uruguay (tesis de grado)	Crosi Martínez y Prado Gelpi (2012)

Tercera auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay	Brito et al. (2017)
--	---------------------

2.2. HEMATOMAS

Los hematomas son acumulaciones de sangre que ocurren por rotura de los vasos sanguíneos por golpes o contusiones violentas, con la consecuente acumulación de sangre en los tejidos en distintas regiones anatómicas de la res, con diversa extensión y profundidad (Castro y Robaina, 2003).

Tienen su génesis durante la vida del animal, en el período ante mortem, pero a pesar de esto, no son visibles en el animal vivo debido a la cobertura de pelo y al grosor de la piel del bovino, por lo tanto, solamente podrán ser detectados post-mortem en las carcasas, luego de la faena del animal (Strappini et al., 2009).

Según Pilling et al. (2010), en humanos, un hematoma es una decoloración focal de la piel, causada por una colección extravascular de sangre bajo una epidermis intacta, tras un traumatismo en el cuerpo por el impacto de un instrumento contundente. Para que ocurra una contusión, deben suceder dos cosas: 1) la piel y/o los tejidos subyacentes deben ser suficientemente estirados por una fuerza mecánica para que los pequeños vasos dentro de la misma se rompan, sin romper la superficie de la piel (para que esto ocurra, el trauma debe ser causado por un instrumento contundente, de lo contrario la superficie de la piel será cortada, y la fuerza no debe ser tan grande que se exceda el límite elástico de la piel y la piel se “divide”, formando una laceración), y 2) la sangre debe filtrarse de los vasos dañados a los tejidos circundantes (esto requiere una presión suficiente dentro de los vasos sanguíneos para expulsar la sangre, por lo que un moretón, en casi todos los casos, es un evento ante mortem).

Las lesiones traumáticas no solo implican mal aspecto, con el correspondiente deterioro del valor comercial, sino que son un foco de contaminación, ya que la sangre es un medio muy propicio para el desarrollo microbiano (Castro y Robaina, 2003). Por lo tanto, estos traumatismos motivan decomisos de parte de las zonas musculares afectadas, de cortes o de la totalidad de la canal según la cantidad y el grado de tejido dañado que se encuentre (Huertas, 2009). A su vez, en cuanto a su aspecto visual, son inaceptables para el consumidor, removiéndose de la carcasa (FAO, citado por Crosi y Prado, 2012).

La aparición de estas lesiones tiene un impacto negativo en el bienestar animal, así como en la calidad de la carne (Crosi y Prado, 2012), además de

causar pérdidas económicas sustanciales (Huertas, 2006). Su prevención es muy importante debido a que la presencia de hematomas indica sufrimiento y dolor del animal y refleja pobres condiciones a las que fueron sometidos (Strappini et al., 2009).

2.3. FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA APARICIÓN DE HEMATOMAS

Un amplio número de factores pueden contribuir a la prevalencia de este tipo de lesiones. Existen factores intrínsecos o propios del animal y extrínsecos o del ambiente (Marshall, citado por Crosi y Prado, 2012).

Anderson y Horder, citados por Strappini (2012) han sugerido que, en el ganado vacuno, los factores propios del animal (categoría, sexo, temperamento, etc.) determinan la gravedad de los hematomas y pueden causar lesiones más profundas, mientras que los factores externos (transporte, manejo, etc.) pueden ser responsables del lugar donde los hematomas se encuentran en el cuerpo del animal.

2.3.1. Factores propios del animal

2.3.1.1. Características de la especie

Para realizar un manejo adecuado de los animales es esencial conocer su comportamiento. El buen trato en reemplazo del manejo basado en la violencia, no requiere de inversiones ni de mantenimiento. Al respecto, es fundamental la capacitación y entrenamiento del personal que trabaja con los animales día a día (Aguilar et al., 2012).

Todos los animales tienen un espacio personal llamado zona de fuga, que es un perímetro virtual que los rodea. Al penetrar en ese espacio, ya sea por humanos u otras amenazas percibidas harán que el animal reaccione y se aleje. Esta distancia teórica es diferente según el tipo y las interacciones que un animal haya tenido a lo largo de su vida con humanos u otros animales (Aberle et al., 2012), o sea que su tamaño está determinado por su nivel de mayor o menor domesticación (Grandin, citado por Barros et al., 2004).

Otro concepto importante para el manejo de los bovinos, es el punto de equilibrio. Este es un punto imaginario situado en la cruz del animal. Este se moverá hacia adelante si el operario está ubicado detrás de este punto, y retrocederá si está ubicado delante de dicho punto (Grandin, citado por Barros et al., 2004).

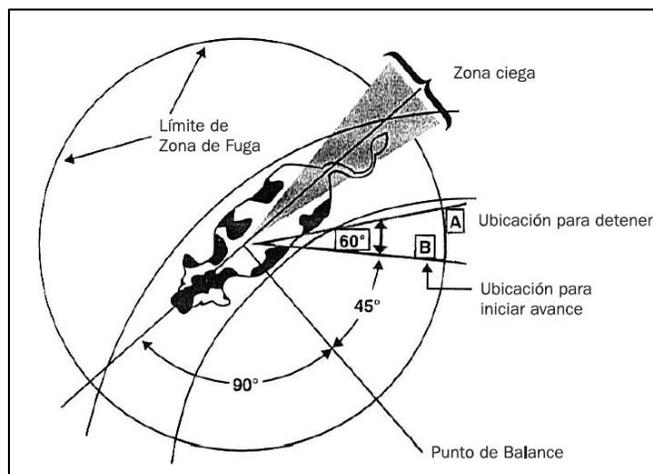


Figura 7. Zona de fuga. Ubicación del operario para detener o hacer avanzar al animal.

Fuente: Grandin (2000).

La mezcla de animales desconocidos puede provocar comportamientos agonísticos, lo que da lugar a un gran estrés (McGlone, citado por Strappini, 2012). El comportamiento agonístico surge de una situación de conflicto entre dos animales e incluye el ataque y la pelea (Blackshaw et al., citados por Strappini, 2012).

También, la monta entre el ganado vacuno puede aumentar el riesgo de hematomas (Warriss, citado por Strappini, 2012). Kenny y Tarrant, citados por Strappini (2012) encontraron que la aparición de hematomas se correlacionó significativamente con el número de veces que un animal fue montado.

2.3.1.2. Edad y sexo

Weeks et al., citados por Strappini (2012) han señalado que las diferencias físicas en la cobertura de grasa, la piel y el espesor de piel entre sexos podrían afectar la susceptibilidad a hematomas resultante de impactos de fuerza similar. Por otra parte, sobre la base de la hipótesis de que los animales delgados se lesionan más fácilmente que los animales gordos, Grandin (1998) ha sugerido que las vacas tienen más hematomas debido a su falta de cobertura grasa.

Yeh et al., citados por Strappini (2012), informaron que cuando se los mantiene como grupos separados, las vacas presentan una mayor incidencia de hematomas que los novillos y los toros.

El efecto de la edad sobre los hematomas fue investigado por Wythes y Shorthose, citados por Strappini (2012), quienes encontraron que los hematomas eran mayores en los animales más pesados (las vacas maduras y viejas y los novillos más viejos del grupo). Estos resultados concuerdan con los resultados anteriores de Anderson, citado por Strappini (2012), que los animales más viejos tienen más hematomas.

En la tercera auditoría (2013/15) nacional de la carne vacuna uruguaya, se evaluaron 22.044 carcasas, de las cuales el 72,9% presentaban al menos un hematoma, y al analizar por categoría se observó que las vacas presentaron un mayor porcentaje de hematomas (79,1%) en comparación con los novillos (70,7%) y con las vaquillonas (61,4%). Esta distribución por categorías se mantiene igual a la segunda auditoría (2008).

Coincidiendo con lo anterior, en el trabajo de Crosi y Prado (2012), se relacionó la aparición de hematomas con factores del propio animal, encontrándose diferencias significativas según la edad y el sexo de los mismos. Las hembras presentaron significativamente más hematomas (54%) que los machos (37%). En cuanto a la edad de los animales, los adultos evaluados presentaron un 55,9% de lesiones, siendo significativamente mayor a lo encontrado en los animales jóvenes (37,4%).

2.3.1.3. Temperamento

El temperamento se define como el comportamiento del animal en respuesta al manejo (Burrow, citado por del Campo, 2008). Los animales de temperamento negativo, más agresivos o nerviosos son más propensos a sufrir incidentes, y cuando se practican manejos inadecuados de animales con temperamento excitable, será más perjudicial que cuando se realiza con animales dóciles (Grandin, citado por del Campo, 2008).

Los animales de temperamento más excitable serán más susceptibles al estrés generado ante situaciones rutinarias de manejo tales como movimientos de potrero, procedimientos sanitarios, así como también ante situaciones novedosas tales como el embarque y desembarque, transporte y la espera en corrales de matadero (Lensink et al., citados por del Campo, 2008).

Las razas con componentes *Bos indicus* son más excitables, temperamentales y difíciles de manejar que las razas *Bos taurus* (Burrow, citado por del Campo, 2008). Algunos autores han reportado incluso que la raza Hereford sería la más dócil dentro de las razas británicas (Stricklin et al., citados por del Campo, 2008).

Según Grandin (2003), el ganado excesivamente salvaje tenderá a sufrir más lesiones, ya que no está habituado a la gente de a pie, por lo tanto, es conveniente que el ganado sea expuesto al manejo a pie mucho antes de llegar a la planta de faena.

En la tercera auditoría uruguaya (2013/15), la raza predominante fue Hereford, siguiendo en orden de importancia las cruza británicas y la raza Angus. Las cruza británicas aumentaron 10,4% con respecto a la primera auditoría (2003). Entre la segunda (2008) y tercera auditoría, la participación de la raza Hereford disminuyó (46,2% vs. 39,4%), mientras que la de la raza Angus aumentó (6,9% vs. 17,8%).

2.3.1.4. Conformación y terminación

Según del Campo (2008), en Uruguay, el sistema de clasificación y tipificación de carne bovina define el grado de conformación según la relación músculo/hueso, donde las carcasas se clasifican con las letras de la sigla INACUR, donde la carcasa clasificada con la letra "I" tiene mejor conformación (gran desarrollo muscular en todas sus regiones anatómicas, reses cilíndricas, largas, compactas y líneas convexas) que la carcasa clasificada con la letra "R" (hay carencia muscular y sus contornos son deprimidos).

De igual manera, del Campo (2008) menciona que este sistema clasifica a las canales según el grado de terminación, o sea, la relación músculo/grasa, en una escala del 0 al 4, donde una canal clasificada como grado "4" tiene mayor engrasamiento (grasa de cobertura excesiva apareciendo flácida y con aspecto grumoso) que una clasificada como grado "0" (cobertura muy escasa o carencia total, son llamadas canales magras).

Los animales flacos (menor conformación y menor terminación) tienen mayor riesgo de sufrir hematomas que animales gordos (mayor conformación y mayor terminación), ya que la falta de cobertura grasa deja al animal sin una protección física (Knowles et al., Grandin, citados por Crosi y Prado, 2012). Al parecer la cobertura grasa protege del daño, por lo tanto, aquellos animales con pobre condición corporal deberían de ser manejados más cuidadosamente (Strappini, 2012).

Sin embargo, en el trabajo de Strappini (2012), se midió la cobertura de grasa como el espesor de grasa externa en la canal por valoración visual según INN Chile (2002): grado 0 (ausencia de grasa); grado 1 (escaso); grado 2 (abundante); y grado 3 (excesivamente abundante). La cobertura de grasa estuvo significativamente relacionada con la presencia de hematomas. Las canales grado 1 tuvieron la mayor prevalencia de hematomas, las de grado 2 presentaron

un riesgo significativamente menor de sufrir lesiones. Sin embargo, también las canales grado 0, presentaron un riesgo significativamente menor para sufrir hematomas en comparación con el grado 1. Las carcasas (grado 3) tuvieron riesgo de presentar hematomas no significativamente diferente de los grados 0 y 2.

2.3.2. Factores del ambiente

Según Castro y Robaina (2003), son variadas las causas de aparición de hematomas en las canales y se pueden originar en alguna de las distintas etapas por las que transcurren los animales en los últimos días previos a la faena. Como son diversos los agentes que intervienen, se pueden separar en tres etapas que son: en el establecimiento rural, durante el transporte y en el frigorífico.

Según del Campo (2014), el transporte y la espera en frigorífico constituyen factores clave en la cadena de producción, tanto desde el punto de vista del bienestar animal como de la calidad del producto. Un mal manejo de los animales puede generar pérdidas importantes para la cadena de la carne en lo que tiene que ver con calidad de canal (pérdida de peso vivo por deshidratación, hematomas, lesiones, petequias, decomisos por inyectables u otros) y de carne (carnes DFD—dark, firm and dry, y PSE- pale, soft and exudative).

Según Grandin (2003), la forma de comercialización es una de las causas de aparición de hematomas, ya que se determinó que el ganado que se vende para faena sobre la base de su peso vivo o en pie, suele presentar el doble de lesiones que el ganado vendido en el gancho, sobre la base de las canales obtenidas de la faena. En el primer caso es el comprador quien absorbe los costos de las lesiones, y en el segundo caso, quien absorbe los costos es el productor; por lo tanto, un buen método para reducir los hematomas es responsabilizar a sus causantes por las pérdidas producidas, ya que la gente es más cuidadosa cuando tienen que pagar sus malas acciones. Jarvis et al., citados por Strappini (2012) encontraron que el ganado proveniente de las ferias tenía más hematomas que el ganado que provenía directamente del establecimiento, determinando tiempos de transporte más largos, múltiples procedimientos de carga y probablemente mezcla con animales desconocidos (Knowles, citado por Strappini, 2012).

Según Strappini (2012), los factores climáticos (principalmente la temperatura y la humedad) también parecen desempeñar un papel en la prevalencia de hematomas. Eldridge y Winfield, citados por Strappini (2012) encontraron que el clima frío combinado con la precipitación aumentó el número medio de lesiones por animal, aunque las razones aún no están claras. Sin

embargo, en el trabajo de Strappini (2012) no se encontró evidencia de un efecto de la estación del año sobre la presencia de hematomas.

2.3.2.1. Pre embarque

Según Castro y Robaina (2003), dentro del establecimiento se pueden producir lesiones que son alejadas en el tiempo respecto a la faena y otras que se producen en las horas previas a la faena.

Las lesiones alejadas en el tiempo se producen básicamente por dos factores: la presencia de animales con cuernos y por un manejo incorrecto del ganado. Según Grandin (2003) el ganado astado presenta el doble de lesiones que el ganado mocho y el recorte de los cuernos para eliminar las puntas no reducirá las lesiones, por lo que es necesario descornar a los animales astados cuando son pequeños. Las lesiones profundas cuyo diámetro llega a los 20 cm suelen ser causadas por cuernos (Grandin, 2003). La solución a largo plazo sería ir seleccionando animales sin cuernos (Crosi y Prado, 2012).

En cuanto a la evolución de la presencia de cuernos desde la primera (2003) a la tercera (2013/15) auditoría realizada en Uruguay, se observa que continúa una disminución en la proporción de animales astados: 50% vs. 29% respectivamente. Dentro de los animales que presentaron cuernos en la última auditoría, el 69% fueron cuernos de más de 10 cm y el restante 31% fueron cuernos de menos de 10 cm de largo (cuadro 14).

Cuadro 14. Presencia de cuernos (%) en el total de animales evaluados en la tercera auditoría uruguaya (2013/15)

		Porcentaje
Con cuernos	Menores a 10 cm	9
	Mayores a 10 cm	20
Sin cuernos		71
TOTAL		22.044

Fuente: Brito et al. (2017).

En relación al manejo incorrecto como causa de las lesiones alejadas en el tiempo, se considera que se aplican procedimientos que implican la posibilidad de ocurrencia de golpes unos pocos días antes del embarque (Castro y Robaina, 2003).

Las agresiones cercanas a la faena son producidas básicamente por dos factores: primero, por el manejo incorrecto del ganado desde que se

empiezan a juntar hasta que suben al camión y por un posible mal estado de las instalaciones de embarque. En referencia al manejo incorrecto, se destaca la agresión de los animales a través del uso innecesario y en forma poco cuidadosa de elementos como arreadores y picanas.

Es importante que durante el encierro pre embarque, los animales tengan acceso al agua y que la ingesta previa de alimento sea liviana, evitando el exceso de orina y excremento que dejan el piso del camión resbaladizo y aumenta el riesgo de caídas y pisoteos (Castro y Robaina, 2003).

En el caso de las instalaciones, éstas pueden estar mal construidas y/o en mal estado, pueden presentar estructuras salientes, rampa con inclinación incorrecta o también en mal estado, presentando huecos o estructuras que puedan hacer que el ganado tropiece o resbale (Castro y Robaina, 2003).

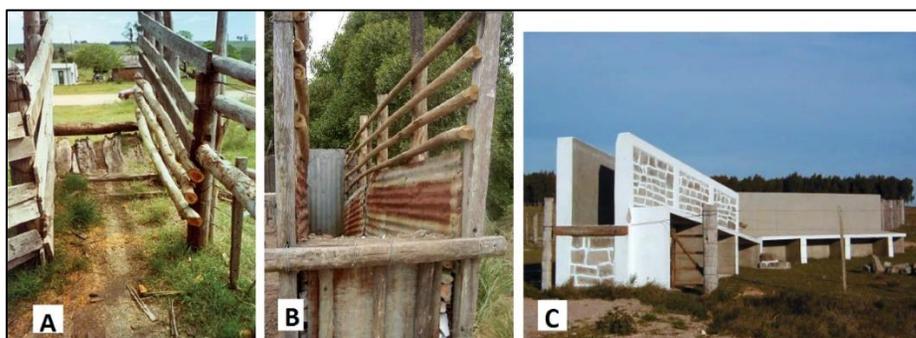


Figura 8. Instalaciones.
Fuente: Castro y Robaina (2003).

2.3.2.2. Carga, transporte y descarga

La etapa de transporte de los animales incluye la carga, el transporte propiamente dicho y la descarga en la planta de faena. Es una etapa crítica, ya que involucra a distintos agentes: los responsables de la carga del ganado en el establecimiento, el camionero y los encargados de recibir a los animales en el frigorífico. Es conveniente fijar la hora del embarque con el transportista para evitar apuros, y a la hora de la carga y descarga, se debe tener cuidado con el atraque del camión para que coincida perfectamente la puerta del camión con el embarcadero (Castro y Robaina, 2003).

Una causa muy común de lesiones en el lomo es que las puertas guillotinas de los camiones no se abran totalmente; y si se usan palos, picanas y objetos con puntas para apurar la marcha de los animales se agrava la situación, debiéndose usar preferentemente banderines (Castro y Robaina, 2003); muchos

corrales de engorde han prohibido el uso de la picana eléctrica en el embarque del ganado, y esto ha dado como resultado un nivel menor de lesiones (Grandin, 2003).

Se debe tratar de embarcar animales parejos (categoría, sexo, peso y estado físico) para evitar caídas, pisotones y machucamientos, y en caso de tener que hacerlo, como es el caso de animales conservas o con problema de renguera, se debe usar el separador del camión (Castro y Robaina, 2003).

La densidad de carga debe ser la recomendada para el camión y las características del animal (categoría, peso, etc.), ni más ni menos animales, para evitar hacinamientos, golpes y caídas. Una densidad de carga adecuada es de 450 kg/m² de jaula (Castro y Robaina, 2003). Sin embargo, Grandin (2003) recomienda una densidad de 1,10 m² cada 450 kg cuando el ganado es mocho, y cuando en el lote hay hasta un 10 % de animales astados la densidad recomendada aumenta a 1,20 m². El daño severo, donde una porción importante de la canal queda totalmente arruinada es indicador de que el animal ha sido pisoteado durante el viaje en camión. Una causa común de pisoteo es la sobrecarga de los camiones, donde el animal que se cae no tiene espacio para volver a pararse.

Cuando el camión está en marcha, la velocidad excesiva y las maniobras bruscas son causantes de estas lesiones (Castro y Robaina, 2003). Según Grandin (2003), un factor variable que habitualmente se pasa por alto es el camionero. Hay malos hábitos de manejo, como frenar o acelerar bruscamente, que aumentan las lesiones ya que hacen que los animales pierdan el equilibrio, por lo tanto, hay que monitorear a los transportistas para asegurarse que no sean la causa de estas lesiones. Si parte de los lotes de ganado que vienen de un corral de engorde tienen machucos, pero otros lotes del mismo origen no las tienen, hay que sospechar del camionero que hizo esos viajes.

En Uruguay, las distancias recorridas y la duración del transporte son relativamente cortas si se comparan con otros países, pero seguramente existan otros factores que deban ser evaluados y mejorados, tales como la calidad de la conducción, el manejo durante la carga y la descarga y el manejo en el camino, el estado de camiones y rutas, entre otros (del Campo, 2014).

2.3.2.3. Pre faena

Esta etapa incluye las actividades de desembarque, alojamiento en corrales de espera, conducción a la pesada, baño de aspersión y cajón de insensibilización, insensibilización y degüello (Barros y Castro, 2004).

En primer lugar, se debe considerar el hecho de que los animales llegan a un medio totalmente desconocido (planta de faena) que incluye desde pisos de hormigón y espacios techados, hasta convivir con otros animales y personas desconocidas, ruidos y olores extraños (Castro y Robaina, 2003).

Según Grandin (2000), durante la descarga se controlarán los siguientes aspectos: atraque correcto del camión, abertura completa de la puerta guillotina antes de descender el primer animal y evitar el uso de la picana eléctrica, ruidos, etc. Los camioneros deben ser cuidadosos con el uso de la picana eléctrica ya que una de las principales causas de contusiones es el apuro en hacer que el ganado baje del camión. Cuando dos animales se atorán en la puerta de salida del camión, se suelen producir contusiones graves en ambos. La dirección de las plantas de faena debería supervisar de cerca la descarga de los camiones. Además, el camión debe descargarse lo antes posible una vez que llegó al destino y se deben evitar apuros previniendo caídas y golpes en un piso de concreto en el que los animales no están acostumbrados a transitar.

Según Grandin (2003), cuando las lesiones se producen en el frigorífico, normalmente se dan en el mismo lugar del cuerpo de los animales que vienen de distintos orígenes, y menciona que en una planta de faena se empezaron a observar lesiones en el hombro izquierdo de los animales remitidos por muchos corrales de engorde diferentes, por lo que se constató que la causa de estas lesiones era una pieza metálica desgastada con un borde filoso de la entrada del cajón de noqueo. Por lo tanto, cuando se encuentra el mismo tipo de lesión en animales de distintos orígenes, hay que observar si hay alguna pieza dañada en las instalaciones de la planta.



Figura 9. Lesión en el lomo de una canal bovina. Causada por el golpe con una puerta de guillotina, localizada a la entrada del cajón de noqueo.
Fuente: Cobo y Romero (2012).

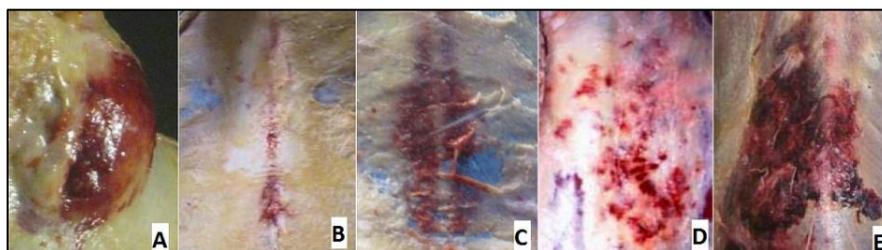
Los corrales de las plantas de faena deben contar con capacidad suficiente para que los animales puedan ser descargados de inmediato de los camiones. Como regla general, un novillo o vaca de 540 kg de PV debería contar

con 2 m² (Grandin, 1998). Similar capacidad es propuesta en el reglamento de inspección de INAC, donde se explicita que, para que los animales tengan una razonable comodidad durante la espera, la capacidad del corral debe ser de 2,5 m²/bovino (Castro y Robaina, 2003).

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS HEMATOMAS

2.4.1. Forma

En los trabajos de auditorías realizados por INIA e INAC y en el trabajo de Strappini (2012) se identifican las siguientes formas de los hematomas: circular (en forma de círculo, semicírculo u oval), lineal (más comprimido que largo), línea de tren (dos o más líneas paralelas separadas por un área sin daño), puntillado (puntiforme) e irregular (sin dimensiones claras y con márgenes irregulares).



A (circular); B (lineal); C (línea de tren); D (puntillado); E (irregular).

Figura 10. Forma de los hematomas.

Fuente: Strappini (2012).

Crosi y Prado (2012), en el trabajo de tesis evidenciaron cinco formas de los hematomas: lineal, en tranvía, circular, irregular y en forma de coma. La mayor proporción presentaron formas circulares o irregulares.



Figura 11. Otras formas de los hematomas.

Fuente: Crosi y Prado (2012).

Un protocolo estándar de registro de patrones de hematomas podría ayudar a los investigadores a relacionar la forma de éstos a las posibles causas, por la estrecha asociación que hay entre forma y evento causal (Grandin, citado por Crosi y Prado, 2012).

2.4.2. Color

Según Pilling et al. (2010), en humanos, una vez que la sangre está dentro de los tejidos, el cuerpo lanza una respuesta inflamatoria para degradarla y eliminarla. Los macrófagos fagocitan los glóbulos rojos y la hemoglobina se degrada. La hemoglobina es uno de los cromóforos absorbentes dominantes, determinando el color de la piel, y su aspecto varía (rojo, azul o púrpura) dependiendo de su estado oxidativo y profundidad dentro de la piel. La degradación bioquímica de la hemoglobina en los glóbulos rojos es responsable de los cambios de color que pueden observarse dentro de un hematoma. La degradación de la hemoglobina es catalizada por la biliverdina (verde) productora de hemoxigenasa, un monóxido de carbono y un átomo de hierro. El átomo de hierro liberado forma un complejo con la proteína ferritina para producir la hemosiderina (marrón). La biliverdina se metaboliza rápidamente a bilirrubina, que es de color amarillo.

2.4.3. Número

En el cuadro 15 se puede observar que, en las auditorías realizadas (desde la primera a la tercera), el número de hematomas respecto a las canales evaluadas representaron el 60%, 32% y 73%, respectivamente.

Cuadro 15. Número de hematomas respecto al total de canales evaluadas

	Canales evaluadas	Hematomas	
		(No.)	(%)
INIA e INAC (2003)	20.877	12.610	60,4
Brito et al. (2011)	28.323	9.007	31,8
Brito et al. (2017)	22.044	16.070	72,9

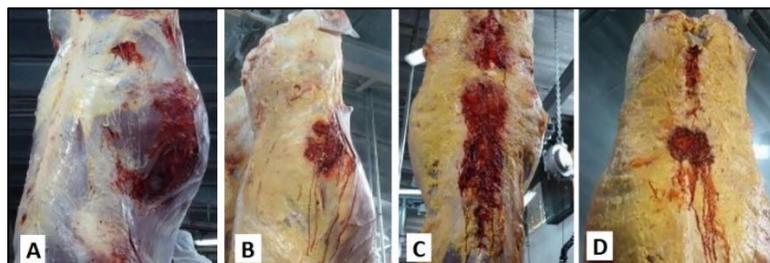
Según los datos de las auditorías realizadas, el promedio de hematomas/canal evaluada fue de 1,38 en 2002/03; 0,37 en 2007/08 y 1,89 en 2013/15.

En la auditoría del 2007/08, del total de las canales que presentaron hematomas, el 30,8% presentaba entre 1 y 3 hematomas y en la auditoría del 2013/15, el 55,6% de las canales presentaron entre 1 y 3 hematomas.

2.4.4. Tamaño

En los trabajos de auditorías de INIA e INAC, se propone que el tamaño del hematoma se puede clasificar dependiendo del área que abarca la lesión: área 1 (2 – 8 cm); área 2 (8 – 16 cm); área 3 (16 – 30 cm); área 4 (mayor a 30 cm); y área 5 (área generalizada).

Crosi y Prado (2012), clasificaron los hematomas de acuerdo al área que involucraban: área 1, hasta 18 cm de diámetro (aprox. 254 cm²); área 2, hasta 30 cm de diámetro (aprox. 700 cm²); área 3, más de 30 cm de diámetro; y área 4, generalizada. Los mismos evidenciaron 5 carcasas que presentaron hematomas clasificados como área 4 o generalizados, localizados principalmente en zonas de costillar, flanco, cruz, dorso y lomo. Según Strappini (2012), un daño de esta severidad donde una larga porción de la carcasa está completamente lesionada, puede indicar que el animal fue pisoteado por los demás luego de sufrir una caída en el camión.



A (G2, A3 en costillar); B (G2, A2 en flanco); C (G2, A4 o generalizada en dorso-lomo) y D (G2, A1 en lomo).

Figura 12. Diferentes grados de severidad y localización en carcasas bovinas.
Fuente: Crosi y Prado (2012).

2.4.5. Severidad

La severidad de un hematoma dependerá del tamaño y número de vasos dañados (Marshall, citado por Crosi y Prado, 2012), y está relacionada a la fuerza aplicada sobre el cuerpo y depende del área que involucra en el animal, teniendo en cuenta el grosor y densidad del tejido afectado y su irrigación (Strappini, 2012).

El sistema australiano de valoración de lesiones (Australian Carcass Bruises Scoring System o ACBSS) clasifica la severidad de los hematomas de acuerdo a su superficie y profundidad (Lunghi, 2016).

En los trabajos de auditorías de INIA e INAC se definen tres grados de severidad según el tipo de tejido afectado por el traumatismo: grado 1 o superficial (cuando implica remoción de tejido subcutáneo, abarca únicamente

las capas superiores, no reviste mayor importancia y generalmente desaparece con el dressing o limpieza de la carcasa); grado 2 o medio (implica remoción de tejido muscular involucrando los planos musculares intermedios) y grado 3 o profundo (cuando hay grandes pérdidas de tejido muscular y es afectado el tejido óseo, reviste gran importancia).

En cuanto al grado de severidad de los hematomas, en los trabajos relevados se observa que, en todos los casos los hematomas de grado 1 son los más numerosos, seguidos por los hematomas de grado 2. En ninguno de los trabajos relevados se detectaron hematomas de severidad 3 (cuadro 16.)

Cuadro 16. Grado de severidad en los trabajos relevados

Trabajos (año)	Canales evaluadas	Hematomas (%)	Grado de severidad (%)		
			1	2	3
INIA e INAC (2003)	20.877	60,4	35,4	25	0
Brito et al. (2011)	28.323	31,8	17,7	14,1	0
Crosi y Prado (2012)	1.030	44,4	37,3	7,1	0
Brito et al. (2017)	22.044	72,9	45,4	27,5	0

2.4.6. Localización anatómica

Las regiones más expuestas a golpes por mal manejo son: la cruz (región dorsal), paleta (región escapular), lomo (región dorso-lumbar), costillar (región costal), flanco (región abdominal), anca (región de la grupa) y pierna (región del muslo). El impacto económico negativo es mayor cuando las lesiones se ubican en las regiones anatómicas de alto valor comercial (Huertas, citado por Civit et al., 2016).

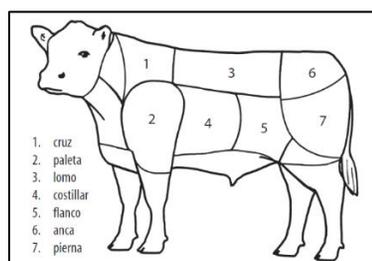


Figura 13. Regiones más expuestas a golpes por mal manejo.
Fuente: Castro y Robaina (2003).

En el cuadro 17 se puede observar que, según los trabajos relevados, la región donde más se localizan los hematomas es el muslo, y en la región del flanco y el costillar la localización es similar.

Cuadro 17. Distribución de hematomas según región (%)

Trabajo (año)	Canales evaluadas	Hematomas (%)	Localización de lesión (%)		
			Muslo	Flanco	Costillar
INIA e INAC (2003)	20.877	60,4	31	24	-
Brito et al. (2011)	28.323	31,8	18,5	7,7	6
Crosi y Prado (2012)	1.030	44,4	31	19,6	19,7
Brito et al. (2017)	22.044	72,9	29,1	22,5	16,8

Similares resultados se encontraron en los trabajos de Huertas (2006), Carabajal et al. (2007), donde los hematomas se ubicaron en mayor proporción en la zona trasera (86% y 47%) respectivamente.

2.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EDAD DE LOS HEMATOMAS

2.5.1. Ecografía

La ultrasonografía ha sido utilizada en la industria cárnica como un medio para determinar y conocer aspectos de la composición del cuerpo animal desde 1950. Es una técnica no destructiva y permite la cuantificación de tejidos musculares y grasos en el animal vivo. Las ventajas de esta técnica radican en el relativo bajo costo, fácil uso y seguridad en el potencial para estimar características de las canales (rendimiento y calidad).

La energía ultrasónica es mecánica. Dicha energía vibracional en forma de ondas posee una frecuencia mayor a 20 kHz (por encima del sonido audible humano). La mayoría de las medidas de los tejidos están comprendidas en el rango de frecuencias de 1 a 5 MHz.

Las pulsaciones eléctricas de ultrasonografía son producidas en un transductor por las vibraciones de cristales con presión eléctrica. Estas pulsaciones son propagadas como ondas, las cuales gradualmente pierden energía por absorción (disipándose como calor) y por reflexión parcial. Las mismas son transmitidas a través de un tejido hasta alcanzar una interfase, como por ejemplo, la diferencia de densidad entre el tejido muscular y el graso. Algunas de estas ondas de sonido penetran el tejido, mientras que otras son reflejadas hacia el transductor, generando energía mecánica al deformar los cristales. Dicha energía es convertida en energía eléctrica y proyectada en diferentes formas.

Existen tres modos de proyección: a) modo de amplitud (A-modo), donde la imagen proyectada es de una dimensión; b) modo de brillo (B-modo), de dos dimensiones y c) modo de movimiento, también de una dimensión.

La primera (A-modo) ha sido utilizada, inicialmente, en la determinación de grasa subcutánea y profundidad de músculo en animales vivos. Este sistema no puede ser utilizado para medir área del ojo de bife. El modo de brillo (B-modo) permite optimizar la resolución de profundidad. La ultrasonografía de tiempo real es una versión del B-modo, donde se crea una imagen viva e instantánea, siendo actualmente el modo más aceptado para uso en el ganado. La interpretación precisa de esta imagen en un animal vivo por el responsable de la medición dependerá de su conocimiento de anatomía, del lugar correcto de medición y de la comprensión de lo que representa la imagen obtenida.

2.5.2. Color subjetivo

Gracey et al., citados por Scarpa et al. (2017) demostraron que la estimación de la antigüedad de los hematomas en las reses bovinas se puede realizar a partir de la apariencia de color del área lesionada (cuadro 18).

Cuadro 18. Observaciones de color utilizadas para estimar la antigüedad de los hematomas

Color de la lesión	Antigüedad estimada (horas)	Media (horas)
Rojo brillante	0 a 10	5
Rojo oscuro	11 a 24	17,5
Rojo azulado	25 a 38	31,5
Anaranjado	39 a 72	55,5

Fuente: Gracey et al., citados por Scarpa et al. (2017).

En un trabajo realizado por Scarpa et al. (2017) donde se comparó el método subjetivo de estimación de la edad de los hematomas con un método objetivo (colorímetro), no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores medios de antigüedad de las lesiones (en horas), pero se comprobó que el método de interpretación subjetivo de color presentó una mayor dispersión de los datos, que el método objetivo con colorímetro. Este resultado es consistente con los reportados en la bibliografía, donde la determinación de la antigüedad de las lesiones puede conducir a conclusiones erróneas, debido a la variación individual del observador en la percepción de los colores (Langlois, citado por Scarpa et al., 2017) y a que un hematoma puede

presentar varios colores al mismo tiempo (Maguire et al., citados por Scarpa et al., 2017).

El método subjetivo se destaca por su simplicidad y bajo costo. Sin embargo, la mayor dispersión en los resultados obtenidos hace necesario un método diagnóstico más preciso (Scarpa et al., 2017).

Según Grandin (2003), las lesiones antiguas (de un día a varias semanas) tienen una mucosidad amarilla fácilmente observable, de la que carecen las lesiones frescas (de menos de un día), por lo tanto, si se encuentra ese tipo de moco amarillento, esa lesión se ha producido días y hasta semanas antes de la faena. Este moco puede permanecer en la musculatura del animal durante meses.

Lunghi (2016), para determinar la edad de la lesión según el color siguió el siguiente criterio: rosada o roja (contusión fresca), azulada (antigua) y amarillenta (muy antigua).

Langlois, citado por Strappini (2012) afirmó que, si el color amarillo se ve en un hematoma, el mismo no es reciente y debe tener más de 18 horas de antigüedad. Sin embargo, Hughes et al., citados por Strappini (2012) encontraron que existe una amplia variación en el umbral para la percepción del color amarillo entre los observadores, por lo tanto, los métodos basados en los cambios visuales de color tienen baja fiabilidad y precisión para estimar la edad de un hematoma.

2.5.3. Color objetivo

Los instrumentos de medida por reflexión de la luz determinan el color por las coordenadas L^* , a^* , b^* del espacio tridimensional CIELAB. L^* es el valor de luminosidad y es el atributo de la sensación visual que parece emitir más o menos luz. Varía de 0 (negro) a 100 (blanco), y se representa en el eje vertical y están correlacionadas con el estado físico de la carne, debidas a factores post-mortem, como el pH final del músculo, la estructura de las fibras musculares, etc. En el eje de las X del plano horizontal se representa la coordenada a^* , la cual varía desde el verde ($-a^*$) al rojo (a^*). En el eje de las Y del plano horizontal se representa la coordenada b^* , que varía desde el color azul ($-b^*$) al amarillo (b^*). A su vez, las coordenadas a^* y b^* se pueden transformar en coordenadas polares calculando el tono (H^*) y la saturación (C^* , Albertí y Ripoll, 2010).

Según del Campo (2008), la luminosidad de la carne depende de diversos factores tales como el pH, la capacidad de retención de agua, la integridad de la estructura muscular, y en menor medida del grado de oxidación

de los hemopigmentos y de la grasa. Palombo y Wijngaards, Pérez-Alvárez et al., Sayas, citados por del Campo (2008) reportaron que el contenido en grasa es otro factor a tener en cuenta sobre esta coordenada, pues las materias primas con mayor contenido en grasa, son las que presentan mayores valores de L^* . Estos resultados parecen indicar la existencia de una posible relación inversa entre la concentración de mioglobina de la carne y la coordenada L^* a valores de pH similares. La coordenada a^* (rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina (Pérez-Alvárez et al., citados por del Campo, 2008).

Según Albertí y Ripoll (2010), existen diversos equipos en el mercado, sin embargo, en la mayoría de los trabajos de investigación utilizan aparatos portátiles como los colorímetros Minolta serie CR 200 que determinan el color mediante el método triestímulo y los espectrofotómetros Minolta CM 2002 o Minolta 2600d, que determinan el color mediante el método espectrofotométrico, leyendo longitudes de onda del ultravioleta al visual (360 a 740 nm).

Al expresar los colores numéricamente mediante el colorímetro, es factible la interpretación exacta del color. Minimizar las lesiones en el ganado requiere una comprensión clara de cuándo y cómo se producen. La utilización del colorímetro nos permite precisar el color y por consiguiente datar la antigüedad de una lesión, e identificar los puntos críticos de la cadena productiva donde se producen situaciones de maltrato animal y mal manejo (Scarpa et al., 2017).

2.5.4. Temperatura

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión. Esto es posible gracias a que todos los cuerpos emiten radiación infrarroja y esta energía irradiada es proporcional a la temperatura superficial (Carnevali et al., 2011).

Según Sanz et al., citados por Carnevali et al. (2011), la cámara infrarroja recibe y cuantifica dichas radiaciones térmicas emitidas y reflejadas por los diferentes materiales y las transforma en imágenes digitales.

Cuando hay lesión muscular existe una variación de la temperatura en la zona comprometida (Carnevali et al., 2011). La termografía es capaz de detectar esas variaciones, y al respecto se han desarrollado varios estudios para diagnosticar lesiones o trastornos músculo-esqueléticos, a través de la aplicación de la teoría Termográfica Infrarroja (Pichot, Oligher, Niehof, Fillit et al., citados por Carnevali et al., 2011).

Las cámaras termográficas revelan diferencias de temperatura muy sutiles, capacidad que las convierte en herramientas muy poderosas para el objetivo de este trabajo.

2.5.5. Elastosonografía

Las técnicas de imagen basadas en elastografía han recibido una atención considerable en los últimos años para evaluación no invasiva de propiedades mecánicas de los tejidos (Chammas et al., 2017).

La elastografía es un método de diagnóstico que utiliza el ultrasonido para evaluar cuantitativamente las propiedades elásticas de una región de tejido blando mediante la evaluación de la tensión y compresibilidad que producen las ondas ultrasónicas en el tejido bajo estudio. Se basa en el seguimiento del movimiento de la deformación que se genera en el tejido (Chammas et al., 2017).

Los desplazamientos son estimados por técnicas ultrasónicas. Para ello se utilizan transductores ultrasónicos convencionales y se realiza un tratamiento de señal apropiado que permita realizar un seguimiento del desplazamiento de la deformación de un grupo de pequeños difusores interiores al medio (Benech, 2004).

Suponiendo que un material es completamente elástico y su deformación no tiene tiempo dependencia (viscosidad), se puede describir la elasticidad por la Ley de Hooke:

$$\sigma = \Gamma \cdot \varepsilon$$

donde el estrés (σ) es la fuerza por unidad de área con unidades kilo pascuales (N/m^2), la tensión (ε) es la expansión por unidad de longitud que es adimensional, y el módulo elástico (Γ) relaciona el estrés con los kilopascuales de las unidades. El módulo elástico es el parámetro mecánico que cuantifica la elasticidad del medio; el objetivo de las técnicas elastográficas es determinar el módulo elástico de cizalla de un sólido blando. Hay tres tipos de módulos elásticos Γ definidos por el método de deformación: módulo de Young (E), módulo de corte (G) y módulo de volumen (K). Cuanto mayor es el módulo elástico Γ , el material más tiende a resistir la deformación, que puede ser sinónimo de mayor rigidez. Además, el módulo elástico Γ también caracteriza la velocidad de propagación de las ondas:

$$c = \sqrt{\frac{\Gamma}{\rho}}$$

donde ρ es la densidad del material y c es la velocidad de onda (Chammas et al., 2017).

Actualmente hay 3 enfoques: 1) elastografía transitoria 1-dimensional (1D-TE); 2) elastografía de onda de corte puntual (pSWE); y 3) cortante bidimensional. El primer enfoque, el cual es el utilizado para este trabajo, utiliza una sonda FibroscanTM que es un dispositivo único que contiene un transductor de ultrasonido y un dispositivo vibratorio mecánico. El operador selecciona el área de imagen usando ultrasonido de tiempo y movimiento. El dispositivo mecánico vibratorio luego ejerce una vibración controlada “golpe” externo en la superficie de la muestra para generar ondas de corte que se propagan a través del tejido. La misma sonda luego mide la velocidad de onda de corte y se calcula el módulo E de Young (Chammas et al., 2017).

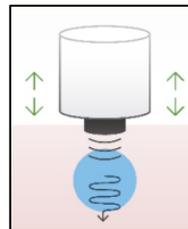


Figura 14. Esquema de la técnica elastografía transitoria 1 dimensional.
Fuente: Chammas et al. (2017).

Cuando se aplica un pulso en un medio sólido homogéneo e isotrópico, coexisten dos tipos de ondas: una compresional (V_p) de rápida propagación y una onda de corte (V_s) de baja velocidad de propagación. Las velocidades típicas en los tejidos blandos son, respectivamente, $V_p = 1500$ m/s y $V_s = 5$ m/s. Estas velocidades están relacionadas con los coeficientes elásticos de Lamé (Gennisson et al., 2003).

Gennisson et al. (2003), a partir de los resultados experimentales concluyen que, debido a que la anisotropía (diferentes características según la dirección en que son examinados) en los tejidos blandos es una regla más que una excepción, las técnicas elastográficas deben tener en cuenta esta propiedad en la medida de la elasticidad. Una fuerte anisotropía es encontrada en el músculo vacuno in vitro ($V_s = 10$ m/s; $V_s = 28$ m/s) y en el bíceps humano in vivo ($V_s = 3$ m/s; $V_s = 12$ m/s).

Estudios previos han mostrado que un pistón actuando en régimen impulsional sobre la superficie libre de un sólido elástico es capaz de producir ondas de cizalla en la dirección del eje del pistón. El pistón, elemento generador

del golpe que produce ondas baja frecuencia en el medio, puede ser acoplado a un parlante y éste excitado eléctricamente (Benech, 2004).

2.5.6. Análisis histológicos

Barington y Jensen (2016), desarrollaron y validaron un dispositivo mecánico para provocar hematomas en cerdos, y luego fueron estudiadas las reacciones patológicas en las lesiones para identificar parámetros macroscópicos e histológico. El dispositivo mecánico fue capaz de aplicar un golpe único reproducible con un tubo de plástico que era equivalente a ser golpeado por un hombre. Los cerdos fueron sacrificados consecutivamente de 1 a 10 horas después de provocar el hematoma. El número de neutrófilos en la subcutis, el número de macrófagos en el tejido muscular y la localización de neutrófilos y macrófagos en el tejido muscular mostraron una respuesta tiempo dependiente y fue posible agrupar hematomas de menos de 4 horas y entre 4 y 10 horas de antigüedad. Sin embargo, lesiones macroscópicas y cambios en la epidermis y dermis no fueron concluyentes con respecto a la antigüedad de la lesión.



A) aparato diseñado para producir el golpe al cerdo. B) corte del músculo donde se observan los hematomas. C) vista externa de las cuatro repeticiones del golpe.

Figura 15. Evaluación de edad de hematomas en cerdos.

Fuente: Barington y Jensen (2016).

McCausland y Dougherty, citados por Strappini (2012) utilizaron el examen microscópico en células de hematomas de ganado vacuno. Las lesiones frescas contenían pocos neutrófilos y macrófagos. Cuatro moretones contenían una extensa hemorragia de tejido, fibras musculares fragmentadas, numerosos neutrófilos, pero pocos macrófagos. Los moretones que tenían 24 horas de edad tuvieron neutrófilos y macrófagos estrechamente asociados con fibras dañadas.

Según Strappini et al., citados por Crosi y Prado (2012), los estudios histológicos analizando las células presentes en el tejido lesionado, es un método de fácil aplicación, pero solo puede discriminar entre una lesión vieja (más de 24 horas) y una reciente (menos de 24 horas). Se necesitan métodos más exactos para estimar la edad en el período inmediato al daño, en término de minutos a horas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento fue aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales de Experimentación de INIA (CEUA) con el número de expediente: INIA 2017.6.

3.1. ESTUDIO LONGITUDINAL IN VIVO

3.1.1. Ecografía

Se utilizaron 10 animales de la unidad experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, de 2 a 3 años de edad, machos castrados, de raza Hereford, con peso final de faena de 500 kg. A dichos animales, se les provocó un traumatismo con un equipo diseñado especialmente para este fin, por técnicos e ingenieros de una planta frigorífica, contemplando la fuerza necesaria para provocar un hematoma pequeño (63 mm de diámetro a 7 kg/cm² de presión, lo que equivale a una fuerza en el impacto de 220 kg), de 2 a 5 cm de diámetro en la región del muslo, que afecte el músculo en este tipo de animal (severidad 2).

Previo a la realización de la contusión se realizó analgesia local mediante el bloqueo farmacológico con lidocaína sin vasoconstrictor. Se aplicaron, previa antisepsia local, 40 mL de anestésico local (lidocaína al 2%) a la totalidad de los animales. Se infiltró el tejido subcutáneo y muscular superficial en la región que se realizó la contusión. La infiltración se realizó en forma de "L" invertida, con longitud de 10 cm en cada lado. Se inyectaron 10 mL en subcutáneo y 10 mL intramuscular en cada lado de la "L" invertida. Se esperaron 20 minutos desde el final de la infiltración de lidocaína local para aplicar la contusión.²

Tanto la aplicación del anestésico como el manejo en general de los animales durante todo el procedimiento, fue realizado por personal acreditado ante la CNEA y entrenado en forma periódica en aspectos de Bienestar Animal, bajo responsabilidad de la CEUA de INIA.

Este producto no presenta tiempo de espera, por lo que no habría peligrosidad de encontrar residuos del mismo en carne.

² Crosigniani, N. 2018. Com. personal.

Se realizaron ecografías a estos mismos animales a horarios determinados luego de infringido el golpe:

- Tratamiento 1: 21 horas pre-faena (ecografía realizada inmediatamente después del golpe).
- Tratamiento 2: 17 horas pre-faena (ecografía realizada 4 horas después del golpe).
- Tratamiento 3: 13 horas pre-faena (ecografía realizada 9 horas después del golpe).
- Tratamiento 4: 9 horas pre-faena (ecografía realizada 12 horas después del golpe).
- Tratamiento 5: 5 horas pre-faena (ecografía realizada 16 horas después del golpe).
- Tratamiento 6: 1 hora pre-faena (ecografía realizada 24 horas después del golpe).

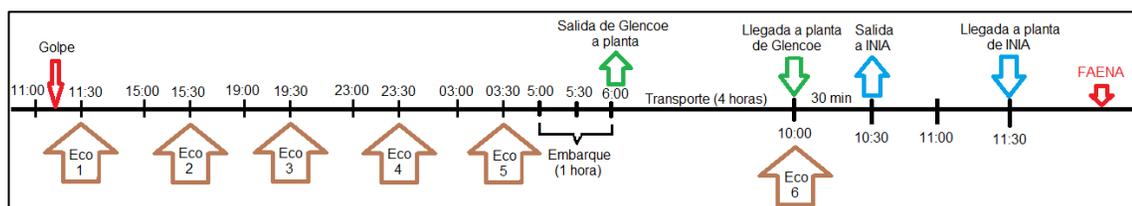


Figura 16. Esquema del estudio longitudinal in vivo.

En cada animal y en cada uno de esos intervalos de tiempo, se realizó una ecografía del lado izquierdo (lugar donde se provocó el hematoma) y otra del lado derecho (igual músculo, pero en el tejido sano, sin hematoma) para poder realizar las respectivas comparaciones. Durante el intervalo de tiempo entre una ecografía y la siguiente, los novillos regresaban al potrero con disponibilidad de alimento y agua.



Figura 17. Realización de ecografías del lado izquierdo y derecho del animal.

3.2. ESTUDIO POST MORTEM

Se utilizaron 59 animales (5 tratamientos con 10 novillos y 1 tratamiento con 9 novillos) de la unidad experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, de 2 a 3 años de edad, machos castrados, de raza Hereford, con peso vivo final de faena de 500 kg. A dichos animales, se les provocó de la misma manera y con el mismo equipo que en el estudio longitudinal, un traumatismo con una fuerza determinada como para provocar un hematoma de severidad 2, en la región del muslo. Se utilizó anestesia local para minimizar el dolor al momento del golpe (lidocaína), siguiendo el mismo protocolo anestésico del estudio longitudinal in vivo.

Los horarios en que se provocaron los golpes fueron:

- Tratamiento 1: 21 horas pre-faena (> 18 horas de edad del hematoma – simulando un hematoma provocado en el predio).
- Tratamiento 2: 17 horas pre-faena (13 a 18 horas de edad del hematoma – simulando un hematoma provocado en el transporte).
- Tratamiento 3: 13 horas pre-faena.
- Tratamiento 4: 9 horas (1 a 12 horas – simulando un hematoma provocado en la planta frigorífica).
- Tratamiento 5: 5 horas pre-faena (1 a 12 horas de edad del hematoma – simulando un hematoma provocado en corrales de espera en la planta frigorífica).
- Tratamiento 6: 1 hora pre-faena (1 a 12 horas de edad del hematoma – simulando un hematoma provocado en la planta frigorífica).

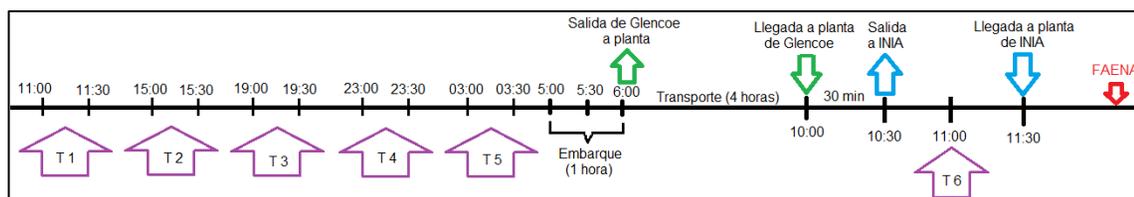


Figura 18. Esquema del estudio post mortem.

En forma inmediata al cuereado, se extrajo una muestra de músculo de cada animal, la cual comprendía la totalidad del hematoma provocado y también tejido sano. En estas muestras se realizaron las siguientes evaluaciones: color subjetivo, color objetivo, temperatura, elastosonografía y análisis histológicos.

3.2.1. Color subjetivo

Para determinar el color subjetivo del tejido dañado (a simple vista), se utilizó la escala de Gracey, la cual se detalla en el cuadro 19.

Cuadro 19. Escala visual de Gracey

Color de la lesión	Antigüedad estimada (horas)
Rojo brillante	0 a 10
Rojo oscuro	11 a 24
Rojo azulado	25 a 38
Anaranjado	39 a 72

Fuente: Gracey et al., citados por Scarpa et al. (2017).

Este trabajo fue realizado por un único observador en todas las muestras.

3.2.2. Color objetivo

Para determinar el color objetivo en el tejido dañado, se utilizó un colorímetro CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japón) registrándose los datos de luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo, utilizando un iluminante C, un observador estándar de 2° y un tamaño de apertura de 8 mm (diámetro de área de medición de 8 mm). Previo a ser utilizado, se calibró correctamente sobre una cerámica blanca y luego se obtuvieron tres datos de cada variable (L, a y b) en distintos lugares de cada hematoma. Finalmente, se realizaron los promedios para cada variable en cada una de las muestras.



Figura 19. Medición de color objetivo mediante el uso del colorímetro.

3.2.3. Temperatura

En esa misma muestra y luego de los registros de color, se tomaron dos imágenes térmicas. Una imagen se registró directamente sobre el área de tejido dañado y otra en tejido sano. Para ello, se utilizó una cámara termográfica (Marca PALMER WAHL, Heat Spy, Modelo HSI 3000).

Mediante el software de este equipo, se registró un valor promedio de temperatura para cada individuo, en cada tipo de tejido (afectado y sano).



Figura 20. Medición de temperatura con cámara termográfica.

3.2.4. Elastosonografía

El setup experimental empleado consta de un transductor ultrasónico monoelemento que cumple una doble función, por un lado, actúa como pistón y por otro lado actúa como emisor y receptor de pulsos ultrasónicos. Estos pulsos son emitidos y recibidos entre golpe y golpe, con una frecuencia de repetición de 2.0 KHz. La frecuencia de la señal que genera el golpe es de 120 Hz (se excita al parlante con una señal sinusoidal de 120 Hz), y el tiempo entre golpe y golpe es de 1 segundo. Los pulsos son generados por un transductor ultrasónico de 3.5 MHz de frecuencia central, el cual es excitado eléctricamente empleando un dispositivo ultrasónico de un solo canal (US-Key, Lecoœur Electronique, Francia) el cual presenta una ampliación de su memoria interna que permite guardar y transferir los pulsos al computador. El software desarrollado permite controlar los parámetros del golpe (frecuencia de repetición, duración temporaria y amplitud) y de la emisión y recepción del pulso (cantidad de pulsos a ser enviados, frecuencia central, la amplitud del pulso), además de la frecuencia de muestreo y la sincronización entre golpe y señales ultrasónicas.

En nuestro estudio la deformación fue producida por un golpe generado en la superficie exterior del tejido.



Figura 21. Equipamiento utilizado para medición de elastosonografía.



Figura 22. Medición de elastografía.

3.2.5. Análisis histológicos

La muestra de músculo de la topografía seleccionada se fijó en formol (buffer al 4%) durante 24 – 48 horas con posterior inclusión en parafina y cortes de 3 – 4 μm de espesor en micrótopo y tinción con hematoxilina-eosina (H&E) siguiendo protocolos estándares (Bancroft et al., 2018).

El material fue evaluado por un patólogo experimentado en el área forense y un médico residente en patología con formación específica en histología. Los resultados de las categorías se realizaron bajo consenso, en caso de discrepancia se recurrió a un tercer patólogo. Se establecieron las siguientes categorías específicas para los hallazgos con técnicas convencionales:

- Edema: definido como aumento del espacio ópticamente vacío entre elementos celulares y matriz extracelular (Dettmeyer, 2011). Se consignó su presencia o ausencia.

- Hemorragia: entendida como extravasación de glóbulos rojos (Dettmeyer, 2011), se indicó ausencia o presencia. En el caso de estar presente se objetiva a su vez la ausencia o presencia de hemosiderófagos como indicadores de cronicidad/evolución.
- Infiltrado inflamatorio: se definieron categorías de grados en base al compromiso global de la muestra estimado de modo semicuantitativo en ausente (0%), leve (1 – 33%), moderado (33 – 66%) y severo (66 – 99%); localización: tejido adiposo-conjuntivo, músculo o ambos; y composición de la población inflamatoria: ausencia, predominio de polimorfonucleares neutrófilos o predominio mononuclear (macrófagos).
- Necrosis: definida como daño irreversible celular dado por aumento de la eosinofilia, pérdida de límites celulares, cariólisis, picnosis y cariorrexis, acompañado o no por elementos inflamatorios específicos (Abbas et al., 2017).
- Fibrosis: definida como aumento del número de fibras colágenas con respecto al tejido normal (Abbas et al., 2017). Se consignó su presencia o ausencia.

3.2.5.1. Macroscopía

El análisis macroscópico fue realizado en dos momentos y en la totalidad de los individuos del experimento: a) inmediatamente después de la faena, observando la muestra extraída de la canal que comprendía el área golpeada, y b) aproximadamente 24 horas después de la faena, en la submuestra del área golpeada que fue extraída de ese trozo, conservada y enviada al Laboratorio de Facultad de Medicina.

Se determinó ausencia o presencia de hematomas a simple vista. El trabajo en los diferentes momentos, fue realizado por diferentes expertos (médicos forenses).

3.2.5.2. Microscopía

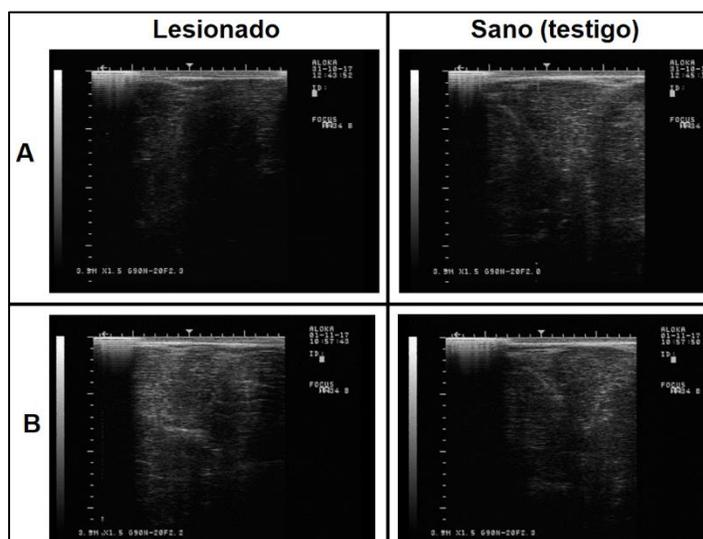
Luego de realizar el análisis macroscópico en planta de faena, el médico forense extrajo submuestras de tejido lesionado que fueron conservadas en formol de forma inmediata y enviadas ese mismo día al Departamento de Medicina Legal de Facultad de Medicina en Montevideo. Una vez allí, además de la macroscopía que se realizó después de 24 horas de la faena, se realizaron los análisis microscópicos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS (The SAS System, 9.3). En el caso de los datos de color subjetivo e histología se realizó un análisis de frecuencias. Para los datos de color objetivo, temperatura y elastosonografía se utilizó el análisis de varianza GLM.

4.1. ECOGRAFÍA

Cuando se observan las ecografías de un mismo animal, o sea del muslo izquierdo (hematoma) y muslo derecho (testigo), es posible diferenciar entre tejido sano y tejido lesionado. Estas diferencias se mantienen cuando se comparan las ecografías realizadas aproximadamente 24 horas después de provocada la lesión (figura 23).



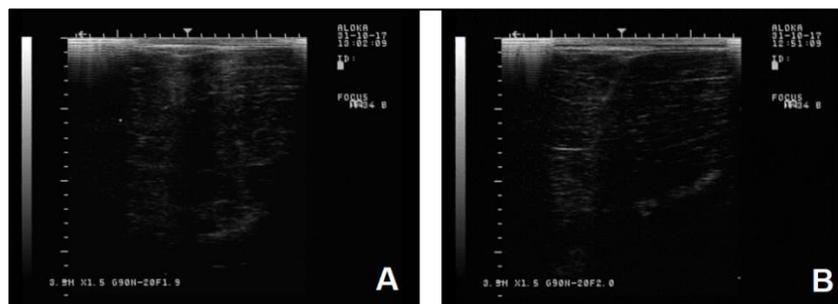
A) inmediatamente después de provocado el hematoma.

B) aproximadamente 24 horas después de provocado el hematoma.

Figura 23. Comparación de ecografías de un mismo animal en dos períodos de tiempo diferentes (lesionado vs. sano).

Sin embargo, al contrastar las ecografías de cada uno de los animales (n= 10) en los sucesivos intervalos de tiempo, no es posible diferenciar cambios a medida que el hematoma es más antiguo (ver anexo 1).

Además, luego del análisis histológico donde se identificaron las muestras con grado 2 de necrosis, no se encontraron diferencias en las ecografías entre una muestra con necrosis y otra sin necrosis (figura 24).



A) hematoma con grado 2 de necrosis. B) hematoma sin necrosis.

Figura 24. Comparación de ecografías (lesionado con necrosis vs. lesionado sin necrosis).

4.2. COLOR SUBJETIVO

En el cuadro 20 se observa que de las 52 canales que presentaron hemorragia y/o infiltrado inflamatorio, el 69% de los hematomas fueron clasificados como de color rojo oscuro y el 29% de color rojo brillante (la tabla original se puede ver en el anexo 2). No se identificó ninguna asociación entre el color subjetivo y la antigüedad de los hematomas ($p= 0,31$).

Cuadro 20. Clasificación de hematomas mediante la escala de Gracey

Tratamientos	No tiene	Brillante	Oscuro	Total
1 hora	1	4	5	10
5 horas	0	1	9	10
9 horas	0	3	5	8
13 horas	0	2	7	9
17 horas	0	2	8	10
21 horas	0	3	2	5
Total	1	15	36	52

Estos datos no concuerdan con lo indicado Gracey et al. (1999) quienes indican que los hematomas de menos de 10 horas de antigüedad son de color rojo brillante, y los hematomas de 11 a 24 horas de antigüedad son de color rojo oscuro.

Cuando se compara este análisis con el análisis microscópico donde se determinó la presencia de hemorragia (ambos realizados en distintos momentos y por distintos expertos), se puede observar el alto grado de acierto del primero en determinar presencia de hemorragia (únicamente en una muestra no se

observó hematoma a simple vista y sí presentaba hemorragia cuando se realizó la microscopía).

En la figura 23 se observan dos muestras distintas, una clasificada como de color rojo brillante (izquierda) y la otra como rojo oscuro (derecha). En anexo 3 se pueden ver la totalidad de las fotografías digitales.



Figura 25. Hematoma de color rojo brillante (izquierda) y hematoma de color rojo oscuro (derecha).

Por lo tanto, el color subjetivo no es una herramienta confiable para determinar diferencias de antigüedad entre hematomas generados en este experimento (especie bovina). Las diferencias de color para un mismo tratamiento podrían deberse a diferentes profundidades de las lesiones y/o a la cantidad de vasos sanguíneos dañados con el impacto (considerando que el espesor de grasa es similar para todas las muestras).

4.3. COLOR OBJETIVO

No se observó una asociación del color medida en forma objetiva (L, a y b) con la antigüedad de los hematomas cuando se analizaron los 6 tratamientos por separado (ver anexo 4), por lo que a continuación, se analizaron los datos agrupando algunos tratamientos, definiéndose 2 intervalos de tiempo (< 9 horas vs. > 13 horas).

En el cuadro 21 se presentan los datos de los tratamientos agrupados con el objetivo de ver si es posible diferenciar hematomas de menos de 9 horas de antigüedad y hematomas de más de 13 horas de antigüedad.

Cuadro 21. Datos de color, obtenidos con el colorímetro Minolta

Tratamientos	L*	a*	b*
< 9 horas	55,0	22,3	11,5
> 13 horas	55,2	20,9	10,6
p-valor	0,91	0,21	0,43

Como puede observarse, no se registraron diferencias en L, a y b entre los hematomas de menos de 9 y más de 13 horas de antigüedad.

4.4. TEMPERATURA

En todas las muestras evaluadas, la temperatura registrada por la cámara FLIR sobre el hematoma, siempre es inferior a la temperatura de los tejidos circundantes a la lesión. Esto se debería a que, se provoca la ruptura de los vasos sanguíneos en la región lesionada y hay mayor intercambio de energía con el ambiente con su consecuente enfriamiento (en anexo 5 se pueden observar los valores de temperatura de todas las muestras).

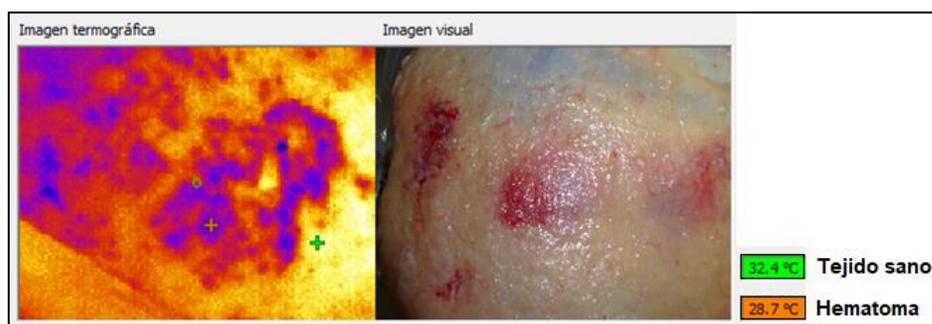


Figura 26. Determinación de temperatura mediante software de cámara FLIR.

En el cuadro 22 se observan los datos de las muestras que presentaron hemorragia y/o infiltrado inflamatorio (n= 52). No se registró una asociación entre la diferencia de temperatura del tejido sano y tejido lesionado, con la antigüedad de la lesión ($p= 0,11$).

Cuadro 22. Datos de temperatura de la cámara FLIR

Tratamiento	Temp. tejido con hematoma	Temp. referencia	Temp. referencia – Temp. hematoma
1 hora	27,88	30,18	2,30
5 horas	27,57	29,62	2,05
9 horas	28,83	31,36	2,54
13 horas	29,70	31,92	2,22
17 horas	28,15	31,02	2,87
21 horas	28,12	31,46	3,34

Como en esta variable no se observó una asociación con la antigüedad de los hematomas considerando todos los tratamientos por separado, al igual

que se hizo para color objetivo, se agruparon algunos tratamientos, definiéndose 2 intervalos de tiempo (< 9 horas vs. > 13 horas).

Como se observa en el cuadro 23, cuando se analiza la diferencia entre la temperatura promedio de los hematomas y la temperatura promedio de los tejidos circundantes sin lesiones (temperatura de referencia) se observa que hay una tendencia a una asociación de la antigüedad de los hematomas con la diferencia de temperatura entre el tejido sano y el tejido lesionado. Sin embargo, estas diferencias no son significativas ($p= 0,65$).

Cuadro 23. Datos de temperatura de la cámara FLIR agrupados en 2 tratamientos

Tratamiento	Temp. tejido con hematoma	Temp. referencia	Temp. referencia – Temp. hematoma
< 9 horas	28,04	30,32	2,28
> 13 horas	28,73	31,45	2,72

Para continuar con el análisis, se procedió a agrupar los tratamientos en 3 grupos o intervalos de tiempo. Cuando se agrupan los tratamientos en 3 intervalos de tiempo (cuadro 24), es posible observar que la diferencia de temperatura entre el tejido sano y el tejido afectado, se hace mayor con la antigüedad del hematoma ($p= 0,03$).

Cuadro 24. Datos de temperatura de la cámara FLIR agrupados en 3 tratamientos

Tratamiento	Temp. tejido con hematoma	Temp. referencia	Temp. referencia – Temp. hematoma
< 5 horas	27,73	29,90	2,18
9 y 13 horas	29,29	31,66	2,37
> 17 horas	28,14	31,17	3,03

Por lo tanto, concordando con Carnevali et al. (2011), la aplicación de la termografía infrarroja permite localizar y cuantificar, de forma no invasiva, el gradiente de temperatura generado por diferentes zonas musculares (lesionado vs. sano).

4.5. ELASTOSONOGRFÍA

Como se observa en el cuadro 25, mediante esta técnica no es posible asociar la diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado con la antigüedad de la lesión ($p= 0,25$). Sin embargo, cuando se comparan los tratamientos extremos (1 hora vs. 21 horas), es posible identificar una mayor

diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado en las lesiones de menor antigüedad (en anexo 6 se pueden observar todos los datos de elasticidad por tratamiento).

Cuadro 25. Datos de elasticidad de los tejidos de los 6 tratamientos por separado. Medida en velocidad (m/s)

Tratamiento	Sano	Lesionado	Diferencia
1 hora	8,88	6,59	2,29
5 horas	8,76	7,50	1,27
9 horas	7,45	6,45	1,00
13 horas	8,00	6,84	1,16
17 horas	7,95	5,50	2,45
21 horas	7,31	6,08	1,22

Estos resultados concuerdan con lo esperado cuando se observa dentro de cada tratamiento, ya que la velocidad es menor en el tejido lesionado debido a que se rompen las fibras musculares y el medio (músculo) se vuelve menos homogéneo. Como la velocidad es proporcional a la elasticidad, ésta también disminuye.

Para continuar con el análisis, se procedió a agrupar los tratamientos en 3 grupos o intervalos de tiempo. Como se puede observar en el cuadro 26, cuando se analizan las diferencias de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado, no existen diferencias significativas ($p= 0,07$).

Cuadro 26. Datos de elasticidad de los tejidos agrupando en 3 tratamientos. Medida en velocidad (m/s)

Tratamiento	Sano	Lesionado	Diferencia
< 5 horas	8,82	7,00	1,82
9 y 13 horas	7,61	6,56	1,04
> 17 horas	7,52	5,89	1,63

4.6. ANÁLISIS HISTOLÓGICOS

4.6.1. Macroscopía

Tal como fue mencionado, el análisis macroscópico fue realizado inmediatamente después de la faena y aproximadamente 24 horas después de la misma.

En el cuadro 27 se presentan los datos del análisis macroscópico realizado inmediatamente después de la faena, el cual fue hecho por una médica forense presente en ese momento. El 90% de las canales presentó hematoma a simple vista y el 10% no presentó hematoma a simple vista.

Dentro de las canales que no presentaron hematomas (n= 6), el 50% pertenecían al tratamiento de 21 horas pre-faena. Del restante 90% que sí presentó hematomas a simple vista, el 87% fue en el tejido adiposo.

Cuadro 27. Macroscopía inmediatamente después de la faena

Tratam.	NO	Tejido adiposo	Músculo	Adiposo y músculo	Sí pero S.L.	S.D.	TOTAL
1 hora	0	9	0	0	0	1	10
5 horas	0	8	0	2	0	0	10
9 horas	1	9	0	0	0	0	10
13 horas	1	8	0	0	0	0	9
17 horas	1	7	0	1	1	0	10
21 horas	3	4	0	1	2	0	10
TOTAL	6	45	0	4	3	1	59

S.L.= sin localización; S.D.= sin dato.

En el cuadro 28 se presentan los datos obtenidos a través de la macroscopía realizada con las muestras de tejidos (2 – 3 mm) tomadas al momento de la faena y puestas en formol hasta el momento del análisis (24 horas post faena aproximadamente). Solo se observaron hematomas en el 42% de las canales (n= 25).

Cuadro 28. Macroscopía realizada 24 horas post faena (en laboratorio)

Tratamientos	Ausencia	Tejido adiposo	Músculo	Ambos	TOTAL
1 hora	7	3	0	0	10
5 horas	5	5	0	0	10
9 horas	7	3	0	0	10
13 horas	3	6	0	0	9
17 horas	3	4	0	3	10
21 horas	9	1	0	0	10
TOTAL	34	22	0	3	59



Figura 27. Toma de muestras por médica forense inmediatamente luego de la faena.

En el cuadro 29 se comparan los dos análisis macroscópicos realizados, donde se observa que mediante la macroscopía realizada al momento de la faena se logran observar 90% de hematomas, en cambio, con la macroscopía realizada 24 horas después de la faena se logran observar solo 42% de los hematomas.

Cuadro 29. Comparación de diferentes momentos de realizado el análisis macroscópico

	Macro en planta		Macro 24 horas post faena		TOTAL
	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	
No. canales	6	53	34	25	59
TOTAL (%)	10%	90%	58%	42%	100

La macroscopía para determinar ausencia o presencia de hematomas solo tiene sentido si se realiza al momento de la faena ya que es necesario observar la canal entera y no una pequeña muestra de tejido. De esta manera, la macroscopía al momento de la faena tiene mayor valor práctico o comercial.

A pesar de ser una medida subjetiva que depende del observador, en el caso de la macroscopía al momento de la faena se acercó mucho a lo determinado por el análisis microscópico.

Macroscópicamente es muy difícil identificar la severidad de la lesión, ya que mediante esta determinación la mayoría de los hematomas se observaron en el tejido adiposo (lo que indicaría que son de severidad 1).

4.6.2. Microscopía

A continuación, se presentan los resultados de los análisis microscópicos realizados por médicos forenses con las muestras de tejidos tomadas al momento de la faena.

4.6.2.1. Hemorragia

En el cuadro 30 se observa que, cuando se analizan las 59 muestras de tejido bajo el microscopio se comprueba que efectivamente solo en 8 canales no hay hemorragia (14% del total de canales). En el 86% de las canales se observó hemorragia. Valores muy similares se obtuvieron en el trabajo de Barington y Jensen (2016), donde la hemorragia estuvo presente en 34 hematomas de los 40 golpes provocados (85%), lo cual afirma aún más que a pesar de estandarizarse todas las variables para disminuir el error experimental existe una variación intrínseca en cuanto a la susceptibilidad de sufrir una lesión.

Cuadro 30. Presencia de hemorragia

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	0	10	10
5 horas	0	10	10
9 horas	2	8	10
13 horas	0	9	9
17 horas	0	10	10
21 horas	6	4	10
TOTAL	8	51	59

Teniendo en cuenta que el objetivo del experimento es buscar herramientas para determinar la antigüedad de hematomas, y que se estandarizaron todas las variables posibles para disminuir el error experimental (PV, igual grado de terminación, mismo equipo y operario, etc.), no tiene sentido

incluir en el análisis las canales que no presentaron hemorragia e infiltrado inflamatorio (ambos a la vez). Por lo tanto, para continuar con el análisis, en todos los datos que se presentan a continuación se eliminaron de la base de datos las 7 canales que no tenían hemorragia e infiltrado inflamatorio (5 canales del tratamiento 21 horas pre-faena y 2 canales del tratamiento 9 horas pre-faena).

De esta manera se observa en el cuadro 31 que hay 51 animales que presentan hemorragia y 1 animal que no presenta hemorragia, pero si presenta infiltrado inflamatorio (recomendación de médico forense).

Cuadro 31. Presencia de hemorragia luego de retirar 7 animales de la base de datos

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	0	10	10
5 horas	0	10	10
9 horas	0	8	8
13 horas	0	9	9
17 horas	0	10	10
21 horas	1	4	5
Total	1	51	52

4.6.2.2. Necrosis

En el cuadro 32 se puede observar que el 36% de las canales no presentaron necrosis.

Cuadro 32. Presencia de necrosis

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	6	4	10
5 horas	4	6	10
9 horas	5	3	8
13 horas	3	6	9
17 horas	0	10	10
21 horas	1	4	5
Total	19	33	52

En el cuadro 33 se puede observar que, el 64% de las canales que presentaron hemorragia y/o infiltrado inflamatorio presentaron algún grado de

necrosis (n= 52). De las 33 canales que presentaron necrosis, el 82% fue de grado 1.

Cuadro 33. Grado de necrosis

Tratamientos	1	2	3	TOTAL
1 hora	4	0	0	4
5 horas	6	0	0	6
9 horas	3	0	0	3
13 horas	5	1	0	6
17 horas	8	1	1	10
21 horas	1	2	1	4
Total	27	4	2	33

En esta variable se observó una asociación con la antigüedad del hematoma ($p= 0,05$), de manera tal que necrosis de grado 2 se observa en hematomas de más de 13 horas de antigüedad. En cambio, necrosis de grado 3 solo se observa en hematomas de más de 17 horas de antigüedad.

Además, independientemente del grado de necrosis, hematomas de más de 17 horas de antigüedad seguramente presenten fibras musculares necrosadas.

Por lo tanto, si se observa necrosis de grado 1, es imposible asociarlo con la antigüedad del hematoma. La necrosis de grado 2 se observa en hematomas con más de 13 horas de antigüedad y la necrosis de grado 3 sólo se observa en hematomas de más de 17 horas de antigüedad.

En otro orden de cosas, cuando fue mencionado antes, macroscópicamente, la mayoría de los hematomas se observaron en el tejido adiposo (lo que indicaría que son de severidad 1). Sin embargo, cuando algunas de estas mismas lesiones son observadas microscópicamente, la localización de la necrosis indica que la lesión sí afectó al tejido muscular (lo que indica que son de severidad 2). Por lo tanto, a simple vista no es posible determinar la severidad de un hematoma.



Figura 28. Hematoma no visible a nivel superficial, con afección a nivel de músculo.

4.6.2.3. Infiltrado inflamatorio

En el cuadro 34 se puede observar que, el 92% de las muestras presentaron infiltrado inflamatorio y el 8% no presentaron (n= 52). Sin embargo, no existe una asociación de esta variable con la antigüedad de la lesión ($p= 0,46$).

Cuadro 34. Presencia de infiltrado inflamatorio

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	2	8	10
5 horas	0	10	10
9 horas	1	7	8
13 horas	1	8	9
17 horas	0	10	10
21 horas	0	5	5
Total	4	48	52

Quando se analiza el grado de severidad del infiltrado inflamatorio de las 48 muestras que lo presentaron (cuadro 35), se puede observar que el 29% de las muestras son de grado 1, el 52% son de grado 2 y el 19% son de grado 3. Cuando se relaciona con la antigüedad de la lesión, no existe asociación entre ambas variables ($p= 0,67$).

Cuadro 35. Grado del infiltrado inflamatorio

Tratamientos	1	2	3	TOTAL
1 hora	4	4	0	8
5 horas	2	6	2	10
9 horas	1	4	2	7
13 horas	3	3	2	8
17 horas	4	4	2	10

21 horas	0	4	1	5
Total	14	25	9	48

En cuanto a la localización del infiltrado inflamatorio (cuadro 36), el 50% se localizó solo en el tejido adiposo y el 50% restante en el tejido adiposo y el músculo (ambos tejidos). No se encontró una asociación con la antigüedad del hematoma ($p= 0,15$).

Cuadro 36. Localización del infiltrado inflamatorio

Tratamientos	Adiposo	Músculo	Ambos	TOTAL
1 hora	6	0	2	8
5 horas	5	0	5	10
9 horas	4	0	3	7
13 horas	5	0	3	8
17 horas	4	0	6	10
21 horas	0	0	5	5
Total	24	0	24	48

4.6.2.4. Edema

Al ser el edema uno de los signos clásicos de la inflamación, debido a un aumento de la permeabilidad vascular (Abbas et al., 2017), es razonable que en el 100% de las muestras ($n= 52$) que presentaron hemorragia e infiltrado inflamatorio se haya constatado la presencia de edema (cuadro 37). Sin embargo, dentro de los intervalos de tiempo estudiados, no es posible asociarlo con la antigüedad de la lesión ya que el edema se produce inmediatamente después del golpe y permanece en los tejidos por más de 48 horas luego de provocada la lesión.

Cuadro 37. Presencia de edema

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	0	10	10
5 horas	0	10	10
9 horas	0	8	8
13 horas	0	9	9
17 horas	0	10	10
21 horas	0	5	5
Total	0	52	52

4.6.2.5. Fibrosis

Como se observa en el cuadro 38, en el 100% de las muestras que presentaron hemorragia e infiltrado inflamatorio no se observó fibrosis. Por lo tanto, dentro de los intervalos de tiempo estudiados, no es posible asociarlo con la antigüedad de la lesión.

Cuadro 38. Presencia de fibrosis

Tratamientos	Ausencia	Presencia	TOTAL
1 hora	10	0	10
5 horas	10	0	10
9 horas	8	0	8
13 horas	9	0	9
17 horas	10	0	10
21 horas	5	0	5
Total	52	0	52

5. CONCLUSIONES

Las ecografías podrían ser una herramienta válida para detectar la presencia de hematomas en cortes valiosos, en animales que serán llevados a faena en el corto plazo. Sin embargo, no son útiles para predecir la edad de las contusiones.

El color subjetivo determinado directamente sobre el tejido afectado, no sería una herramienta útil para predecir la edad del hematoma, en las condiciones del presente experimento.

El uso del colorímetro Minolta (color objetivo), no parece ser una herramienta útil para determinar la antigüedad de los hematomas (al menos en los intervalos de tiempo estudiados).

La diferencia de temperatura entre tejido sano y tejido afectado, permitiría diferenciar la edad de los hematomas cuando las diferencias entre los intervalos de tiempo en que se producen las lesiones son mayores a 4 horas entre sí. Por lo tanto, la aplicación de la termografía infrarroja permite localizar y cuantificar, de forma no invasiva, el gradiente de temperatura generado por las zonas musculares sanas vs. lesionadas.

La elastosonografía no sería una herramienta válida para diferenciar la edad de los hematomas, en las condiciones del presente experimento.

La macroscopía para determinar presencia de hematomas solo tiene sentido si se realiza al momento de la faena ya que es necesario observar la canal entera y no una pequeña muestra de tejido.

La presencia de hemorragia afirma que, a pesar de estandarizarse todas las variables para disminuir el error experimental existe una variación intrínseca entre animales en cuanto a la susceptibilidad de sufrir una lesión.

La presencia de necrosis parecería ser una herramienta útil para determinar la antigüedad del hematoma, de manera tal que, un grado de necrosis avanzado sólo se observa en hematomas de más antigüedad.

La localización de la necrosis permite afirmar que a simple vista no es posible determinar la severidad de un hematoma.

Ni la presencia de infiltrado inflamatorio y la localización del mismo parecen ser útiles para determinar el origen de un hematoma.

El edema, dentro de los intervalos de tiempo estudiados, no es posible asociarlo con la antigüedad de la lesión ya que se encontró tanto en hematomas recientes (< de 1 hora de antigüedad) como en los hematomas más antiguos (> de 21 horas de antigüedad).

En ninguna de las muestras analizadas (n= 52) se observó la presencia de fibrosis, por lo tanto, dentro de los intervalos de tiempo estudiados, no es posible asociarlo con la antigüedad de la lesión.

En síntesis, de las herramientas evaluadas en el presente experimento, solamente la temperatura tisular y la necrosis mostraron una asociación con la edad de las lesiones. A partir de esta experiencia, se están desarrollando otros trabajos de investigación, en la búsqueda de esas relaciones.

6. RESUMEN

Según las auditorías de calidad de carne realizadas por INIA e INAC cada 5 años, las mayores pérdidas de la cadena cárnica vacuna uruguaya son debidas a la incidencia de hematomas. Esto tiene un alto impacto en la economía del país y a su vez compromete seriamente el bienestar de los animales. Conociendo la antigüedad o edad de los hematomas en las últimas etapas previas a la faena, será posible identificar su origen e implementar planes de capacitación para mejorar la calidad de vida de los animales en dichas etapas y minimizar las pérdidas económicas ocurridas por este factor. En el presente experimento, se evaluaron diferentes herramientas en la búsqueda de caracterizar hematomas de diferente antigüedad. El mismo tuvo dos fases. En la primera fase (in vivo) realizada en la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, se utilizaron 10 novillos, a los cuales se les provocó un traumatismo en el muslo con un equipo diseñado ad hoc, para provocar un hematoma que afecte el músculo, en la región del muslo (con anestesia local). Luego, a diferentes intervalos de tiempo se realizaron ecografías. Con esta herramienta no fue posible distinguir hematomas de diferentes antigüedades. En la segunda fase (post mortem), se utilizaron 59 animales. A dichos animales, se les provocó un traumatismo de la misma manera y con el mismo equipo que en la primera fase. Los hematomas fueron provocados en diferentes momentos pre faena, determinando los distintos tratamientos en función de la edad o antigüedad del hematoma. Luego de la faena, se extrajeron las muestras de músculo de cada animal dentro de cada tratamiento y se evaluaron las distintas herramientas. Mediante la escala visual de Gracey (color subjetivo) se pudo comprobar que no es posible diferenciar hematomas de distinta antigüedad. Con el colorímetro Minolta no se pueden observar diferencias entre los distintos parámetros (L^* , a^* y b^*) entre hematomas de distinta antigüedad ($p= 0,91; 0,21; 0,43$, respectivamente). La cámara FLIR no permitió una asociación entre la diferencia de temperatura del tejido sano y tejido lesionado, con la antigüedad de la lesión ($p= 0,11$). Mediante la elastosonografía no fue posible asociar la diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado con la antigüedad de la lesión ($p= 0,25$). El análisis histológico fue realizado por médicos forenses. Primero, se realizó el análisis macroscópico de las muestras dentro de la planta de faena. Luego, se tomaron muestras de tejido y se conservaron y enviaron al laboratorio de Facultad de medicina donde se realizó el análisis microscópico. La macroscopía para determinar presencia de hematomas solo tiene sentido si se realiza al momento de la faena. De las muestras de músculo extraídas ($n= 59$), solamente en el 86% se observó hemorragia. En cuanto a la necrosis, el 64% de las canales que presentaron hemorragia y/o infiltrado inflamatorio presentaron algún grado de necrosis ($n= 52$) y el 82% fue de grado 1. En esta variable se observó una asociación con la antigüedad del hematoma ($p= 0,05$), de manera tal que necrosis de grado 2 se observa en hematomas de más de 13 horas de antigüedad. En cambio, necrosis

de grado 3 solo se observa en hematomas de más de 17 horas de antigüedad. El 92% de las muestras presentaron infiltrado inflamatorio y el 8% no lo presentaron (n= 52). Sin embargo, no hubo una asociación de esta variable con la antigüedad de la lesión ($p= 0,46$). Finalmente, de las muestras que presentaron hemorragia e infiltrado inflamatorio (n= 52), en el 100% se determinó la presencia de edema y en el 100% no se observó fibrosis. En síntesis, de las herramientas evaluadas en el presente experimento, solamente la temperatura tisular y la necrosis mostraron una asociación con la edad de las lesiones. A partir de esta experiencia, se están desarrollando otros trabajos de investigación, en la búsqueda de esas relaciones.

Palabras clave: Hematoma; Calidad de la carne; Bienestar animal.

7. SUMMARY

According to the meat quality audits carried out by INIA and INAC every 5 years, the highest losses of the Uruguayan meat chain are due to bruises incidence. This has a high impact on the economy of the country and compromises animal welfare. Knowing the age of the bruises in the last stages before slaughter, it would be possible to identify their origin and to implement training plans to improve animal welfare and to minimize the economic losses caused by this factor. In this experiment, different tools were evaluated for characterizing bruises with different ages. It had two phases. In the first phase (in vivo), a bruise type 2 (affecting muscle) was provoked with a special equipment designed ad hoc, in the rump región (with local anesthesia). Then, at different intervals of time, ultrasounds were performed. With this tool it was not possible to distinguish bruises of different ages. In the second phase (post mortem), 59 animals were used and also a bruise type 2 (affecting muscle) was provoked with the same equipment and also in the rump region (with local anesthesia. Bruises were provoked at different pre-slaughter time, determining the different treatments depending on the age of the bruise. After the task, the muscle samples of each animal were extracted within each treatment and the different tools were evaluated. Gracey's visual scale (subjective color) showed that it is not possible to differentiate bruises of different ages. With the Minolta colorimeter there were no differences in the evaluated parameters (L^* , a^* and b^*) between bruises of different ages ($p= 0.91, 0.21, 0.43$, respectively). The FLIR camera did not show an association between the difference in temperature of healthy tissue and injured tissue, and the age of the lesion ($p= 0.11$). Using elastosonography, it was not possible to associate the elasticity difference between healthy tissue and injured tissue, with the age of the lesion ($p= 0.25$). The macroscopic analysis of the samples were performed by forensic doctors at the slaughter house. Then, tissue samples were extracted by them, stored and sent to the University (Medicine Faculty) where the microscopic histological analysis were carried out. The macroscopy to determine the presence of bruises only makes sense if done at the time of the task. Of the extracted muscle samples ($n= 59$), bleeding was observed only in 86%. Regarding necrosis, 64% of the channels that presented hemorrhage and / or inflammatory infiltrate presented some degree of necrosis ($n= 52$) and 82% were grade 1. In this variable an association with the age of the bruise was observed ($p= 0.05$), so that grade 2 necrosis was seen in bruises more than 13 hours old. In contrast, grade 3 necrosis was only seen in hematomas over 17 hours old. 92% of the samples presented inflammatory infiltrate and 8% did not present it ($n= 52$). However, there was no association of this variable with the age of the lesion ($p= 0.46$). Finally, of the samples that presented hemorrhage and inflammatory infiltrate ($n= 52$), in 100% the presence of edema was determined and in 100% no fibrosis was observed. In summary, from all the tools evaluated in this experiment, only tissue temperature and necrosis showed an

association with the age of the bruises. From this experience, further rigorous research is being conducted, looking for those relationships.

Keywords: Bruises; Meat quality; Animal welfare.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbas, A. K.; Aster, J. C.; Kummar, V. 2017. Robbins basic pathology. (en línea). s.l., Elsevier. Consultado 2 abr. 2018. Disponible en <https://www.elsevier.com/books/robbins-basic-pathology/kumar/978-0-323-35317-5>
2. Aberle, E. D.; Forrest, J. C.; Gerrard, D. E.; Mills, E. W. 2012. Principles of meat science. 5th. ed. Dubuque, Kendall/Hunt. 395 p.
3. Aguilar, N. M.; Balbuena, O.; Rossner, M. V. 2012. Manual práctico de bienestar animal: recomendaciones para su implementación en el manejo de bovinos de producción. Chaco, INTA. 36 p.
4. Albertí, P.; Ripoll, G. 2010. Los pigmentos de la carne y factores que afectan su color: factores que influyen en el color del músculo y grasa. In: Bianchi, G.; Feed, O. eds. Introducción a la ciencia de la carne. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 115-128.
5. Bancroft, J. D.; Layton, C.; Suvarna, S. K. 2018. Bancroft's theory and practice of histological techniques. (en línea). Churchill Livingstone, Elsevier. 672 p. Consultado 25 abr. 2018. Disponible en https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=CERPDwAAQB AJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bancroft,+J.D.+Histologicla+techniques&ots=ysZRzktxNN&sig=qFO01DJjnzFp9CYaJF5JBkvD9Cw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true
6. Barington, K.; Jensen, H. E. 2016. A novel, comprehensive, and reproducible porcine model for determining the timing of bruises in forensic pathology. (en línea). Forensic Science, Medicine, and Pathology. 12(1): 58-67. Consultado 21 abr. 2018. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12024-016-9744-6>
7. Barros, A.; Castro, L. 2004. Bienestar animal: buenas prácticas operacionales. Montevideo, INAC. 63 p. (Serie Técnica no. 34).
8. Benech, N. 2004. Elastografía ultrasonora de medios viscoelásticos con ondas de cizalla baja frecuencia. Tesis de maestría en Física. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. pp. 39-70.

9. Brito, G.; San Julián, R.; Lagomarsino, X. eds. 2011. Segunda auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay. Montevideo, INIA. 92 p. (Serie Técnica no. 185).
10. _____.; Correa, D.; San Julián, R. eds. 2017. Tercera auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay. Montevideo, INIA. 50 p. (Serie Técnica no. 229).
11. Carabajal, C.; Lockhart, B.; Navarro, W. 2007. Estudio de frecuencia de lesiones traumáticas que aparecen en una planta de faena de bovinos. Tesis Doctor en Veterinaria. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 46 p.
12. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
13. Carnevali, A.; Medina, E.; Morales, M.; Orozco, E. 2011. Termografía infrarroja y el estudio de riesgos de lesiones músculo esqueléticas. (en línea). Ingeniería Industrial. 10(1):55-67. Consultado 10 abr. 2018. Disponible en https://www.academia.edu/8956356/TERMOGRAF%C3%8DA_INFRARROJA_Y_EL_ESTUDIO_DE_RIESGOS_DE_LESIONES_M%C3%9ASCULO_ESQUEL%C3%89TICAS
14. Carriquiry, M. 2011. Cadena de la carne vacuna. In: Vasallo, M. ed. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro (Uruguay 2000-2010). Montevideo, Universidad de la República. pp.35-51.
15. Castro, L.; Robaina, R. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Montevideo, INAC. 31 p. (Serie de divulgación no. 1).
16. Chammas, M. C.; Kaffas, A. E.; Liao, J.; Sigrist, R. M.; Willmann, J. K. 2017. Ultrasound Elastography: review of techniques and clinical applications. (en línea). Theranostics. 7(5): 1303–1329. Consultado 21 set. 2018. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5399595/>
17. Civit, D.; Díaz, M.; González, C. 2016. Determinación de la presencia de contusiones en reses de novillitos faenados en un frigorífico con habilitación. Veterinaria Argentina. 33 (337): 1-9.

18. Cobo C. G.; Romero M. H. 2012. Importancia de la interacción hombre-animal durante el presacrificio bovino. (en línea). Biosalud. 11(2): 79-91. Consultado 28 may. 2017. Disponible en [http://biosalud.ucaldas.edu.co/downloads/Biosalud11\(2\)_9.pdf](http://biosalud.ucaldas.edu.co/downloads/Biosalud11(2)_9.pdf)
19. Crosi, G.; Prado, M. 2012. Prevalencia y caracterización de machucones en las reses vacunas faenadas en plantas de Uruguay. Doctor en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 86 p.
20. del Campo, M. 2008. El bienestar animal y la calidad de carne de novillos en Uruguay con diferentes sistemas de terminación y manejo previo a la faena. Tesis Doctoral. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. 197 p.
21. _____. 2014. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, INIA. 477 p. (Serie Técnica no. 217).
22. Dettmeyer, R. B. 2011. Forensic Histopathology: fundamentals and perspectives. (en línea). Berlin, Springer. 454 p. Consultado mar. 2018. Disponible en https://books.google.com.uy/books?id=PVY45hQYJZwC&printsec=frontcover&dq=Dettmeyer+Forensic+Histopathology&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwujwN6cxaDkAhWQHlKGHaezB_YQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Dettmeyer%20Forensic%20Histopathology&f=false
23. FPTA; INIA (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2001. Utilización de ultrasonografía para la predicción de composición y calidad de la canal. (en línea). Montevideo, INIA. 88 p. (Actividades de Difusión no. 261). Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5703/1/14432230209155402.pdf>
24. Franco, J. 2010. Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna: manejo prefaena. In: Bianchi, G.; Feed, O. eds. Introducción a la ciencia de la carne. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 303-352.
25. Garibotto, G. 2004. ¿De qué hablamos cuando hablamos de calidad de carne? Cangüé. no. 25: 25-31.

26. Gennisson, J.; Catheline, S.; Chaffai, S.; Fink, M. 2003. Transient elastography in anisotropic medium: application to the measurement of slow and fast shear wave speeds in muscles. (en línea). The Journal of the Acoustical Society of America. 114(1): 536-541. Consultado 16 jul. 2018. Disponible en <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.1579008>
27. Grandin, T. 1996. How to track down the cause of bruising (en línea). Fort Collins, Colorado, Colorado State University. s.p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <http://www.grandin.com/references/cause.bruising.html>
28. _____. 1998. Handling methods and facilities to reduce stress on cattle. Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice 14: 325–341.
29. _____. 2000. Principios de comportamiento animal para el manejo de bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. (en línea). In: Grandin, T. comp. Livestock Handling and Transport. Wallingford, UK, CABI. pp. 63-85. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en http://www.bienestaranimal.org.uy/files/docs_grandin_traducidos.pdf
30. _____. 2003. Good management practices for animal handling and stunning. (en línea). 2nd. ed. Fort Collins, Colorado, American Meat Institute Foundation. s.p. Consultado 14 feb. 2018. Disponible en <http://www.grandin.com/ami.audit.guidelines.html>
31. Huertas-Canén, S. 2006. Identificación, caracterización y cuantificación de las lesiones traumáticas que afectan el ganado de carne en las etapas que circundan a la faena. Maestría en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 52 p.
32. _____. 2009. Buenas prácticas de manejo durante el embarque y transporte a la planta de sacrificio. (en línea). In: Huertas-Canén, S. ed. Bienestar animal y calidad de la carne: en focos químicos y experimentales. s.l., s.e. cap. 4, pp. 73-84. Consultado 21 mar. 2018. Disponible en http://www.bienestaranimal.org.uy/files/04_BP%20Manejo%20embarque%20y%20transporte.pdf

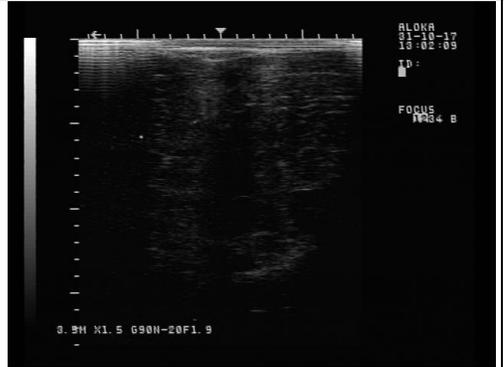
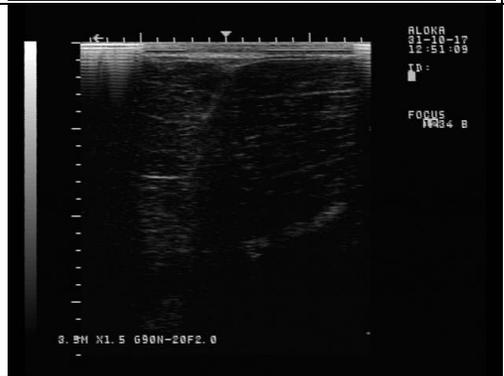
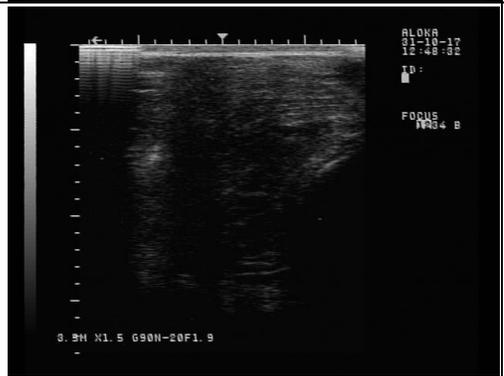
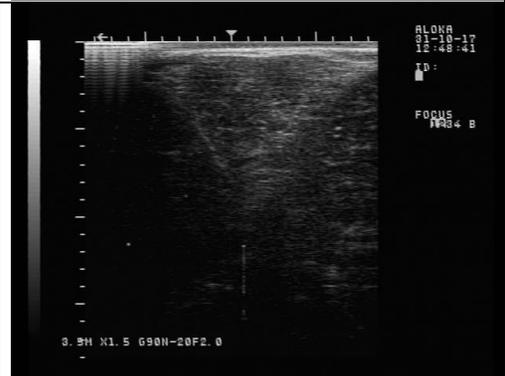
33. INAC (Instituto Nacional de Carnes, UY). 2017. Informe estadístico 2016/17. (en línea). Montevideo. pp. 11-49. Consultado 12 mar. 2018. Disponible en https://www.inac.uy/innovaportal/v/16588/1/innova.front/informe-estadistico-ano-agricola-2017_2018
34. _____.; INIA; CSU (Instituto Nacional de Carnes, UY; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Colorado State University, US). 2003. Auditoría de calidad de la carne vacuna año 2003: un compromiso de mejora continua de la calidad de la carne vacuna del Uruguay. (en línea). Montevideo. 23 p. Consultado 29 mar. 2018. Disponible en http://www.inac.uy/innovaportal/file/3015/1/cartilla_vacuna_2003_vers_final.pdf
35. _____.; INIA; CSU (Instituto Nacional de Carnes, UY; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Colorado State University, US). 2008. Auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay 2007-2008. (en línea). Montevideo. 46 p. Consultado 29 mar. 2018. Disponible en http://www.inac.uy/innovaportal/file/3001/1/auditoria_bovina_2009_web.pdf
36. Lunghi, M. 2016. Evaluación de las contusiones y del pH en las canales bovinas y de su relación con el manejo y el bienestar animal en las etapas previas a la faena. Maestría en Ciencias Veterinarias. Santa Fe, Argentina. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Veterinarias. 138 p.
37. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario. Montevideo. pp. 26-47.
38. _____. _____. 2016. Censo general agropecuario. Montevideo. 198 p.
39. Pilling, M. L.; Vanezis, P.; Perrett, D.; Johnston, A. 2010. Visual assessment of the timing of bruising by forensic experts. (en línea). Journal of Forensic and Legal Medicine. 17 (3): 143-149. Consultado 12 mar. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X09001772>

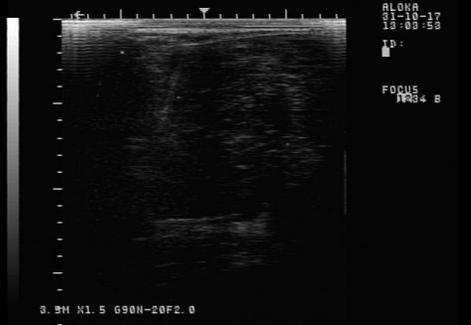
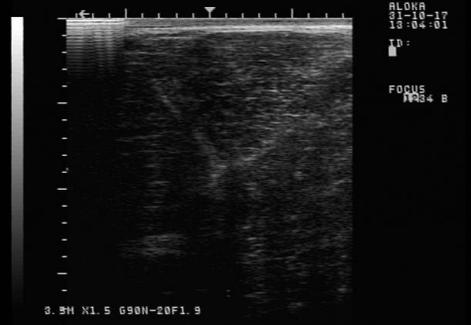
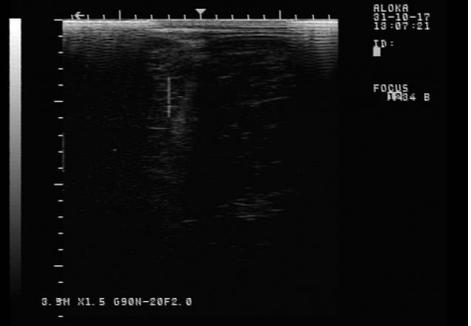
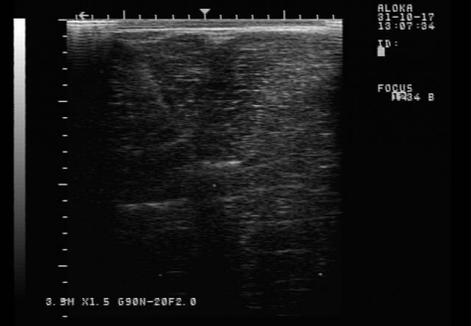
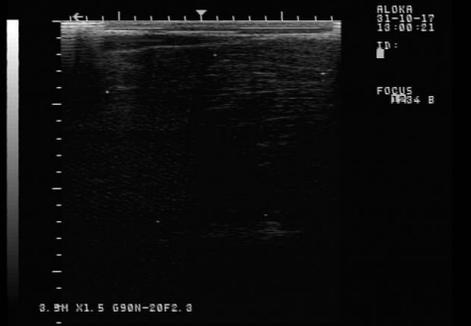
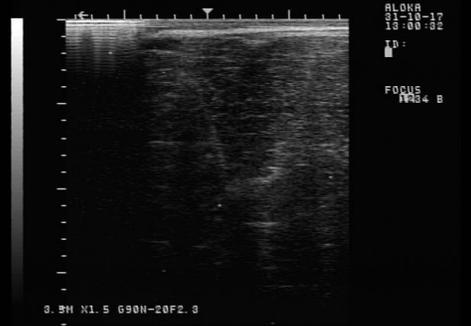
40. Scarpa, V.; Gere, J. I.; Ghezzi, M. D. 2017. Comparación de dos métodos diagnósticos para la estimación de la antigüedad de contusiones en ganado vacuno. (en línea). Buenos Aires, Ergomix. s.p. Consultado 21 abr. 2017. Disponible en <http://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comparacion-dos-metodos-diagnosticos-t40314.htm>
41. Strappini, A. C.; Metz, J. H.; Gallo, C. B.; Kemp, B. 2009. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. (en línea). Animal. 3 (05): 728-736. Consultado 23 mar. 2018. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22444452>
42. _____. 2012. Bruises in chilean cattle: their characterization, occurrence and relation with pre-slaughter conditions. Thesis PhD. Wageningen, The Netherlands, Wageningen University. 140 p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Ecografías

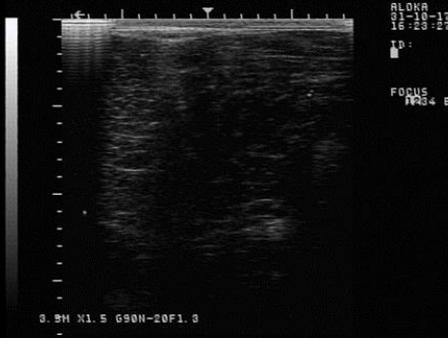
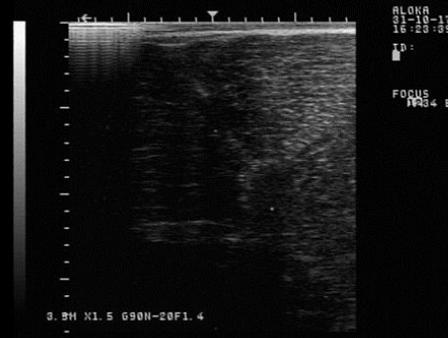
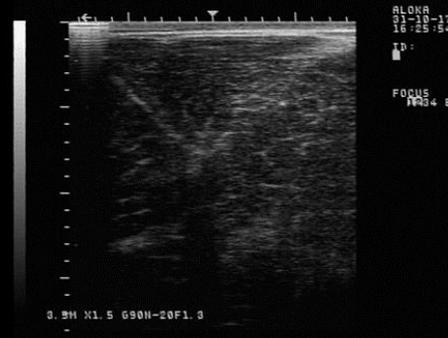
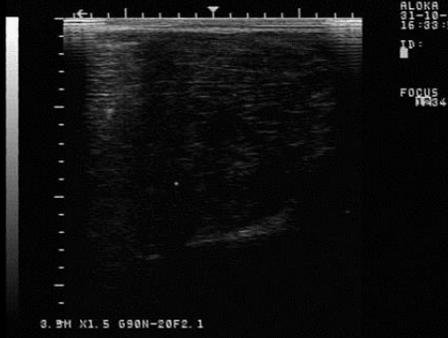
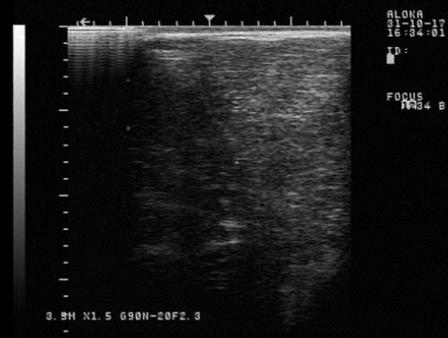
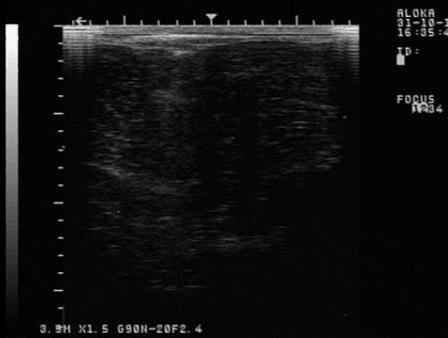
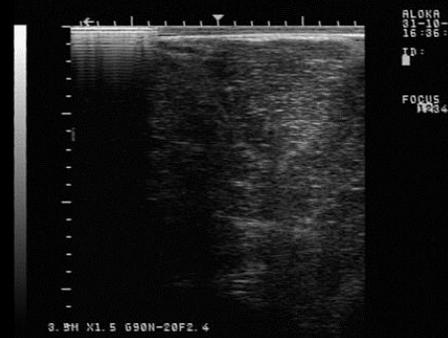
Ecografía 1		
No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		
8695		

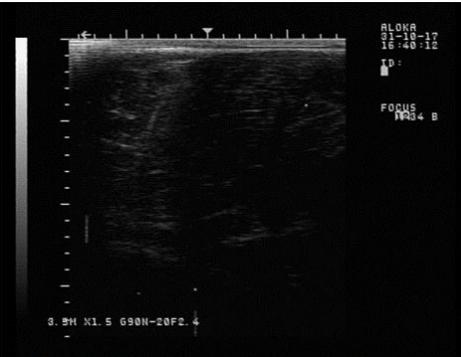
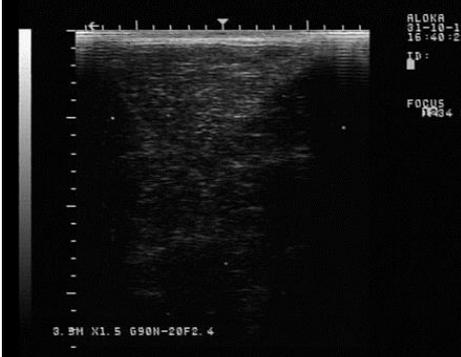
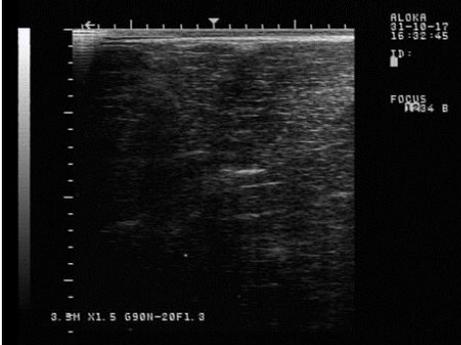
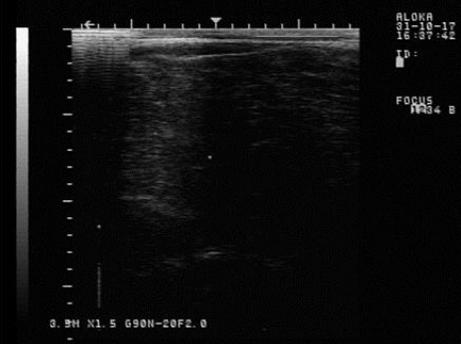
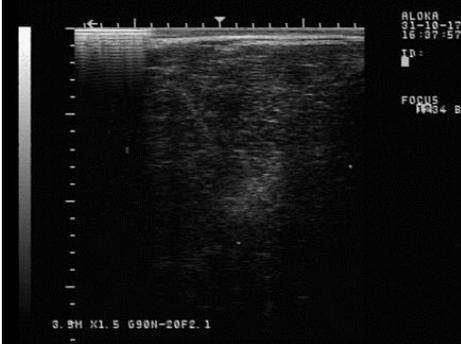
<p>8656</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 13:02:09 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.9</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 13:02:17 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.9</p>
<p>8677</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:51:09 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:51:29 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.0</p>
<p>8727</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:45:52 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.9</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:48:41 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.0</p>
<p>8734</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:57:57 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.2</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 12:58:05 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.3</p>

8724	 <p>ALOKA 01-10-17 13:00:59 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 13:04:01 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F1.9</p>
8819 Necrosis G 3	 <p>ALOKA 01-10-17 13:07:21 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 13:07:54 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F2.0</p>
8787	 <p>ALOKA 01-10-17 13:00:21 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 13:00:52 ID: FOCUS NR34 B 3.5M X1.5 G90N-20F2.0</p>

Ecografía 2

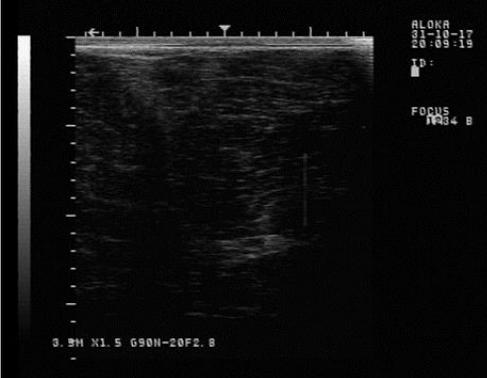
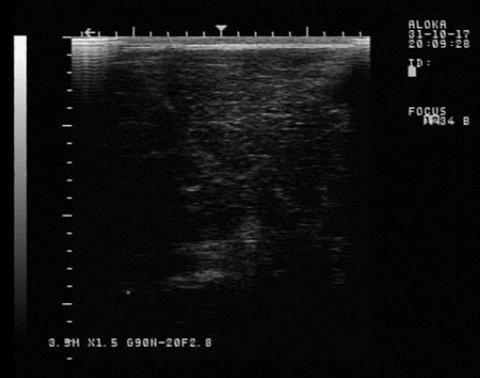
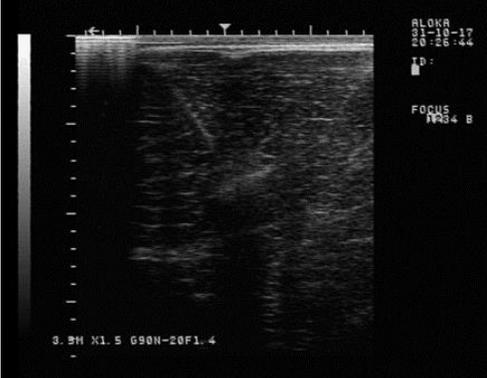
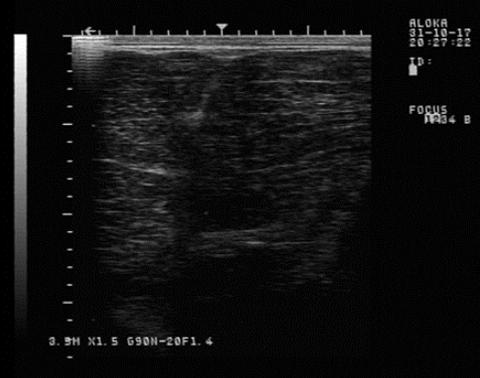
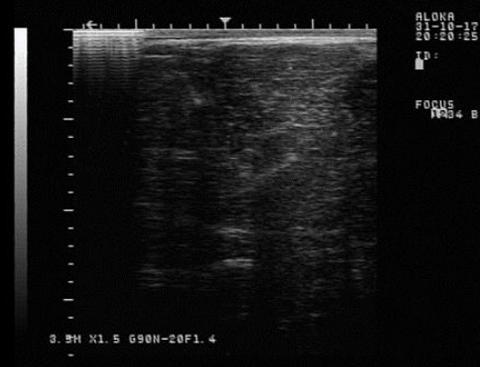
No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		
8695		

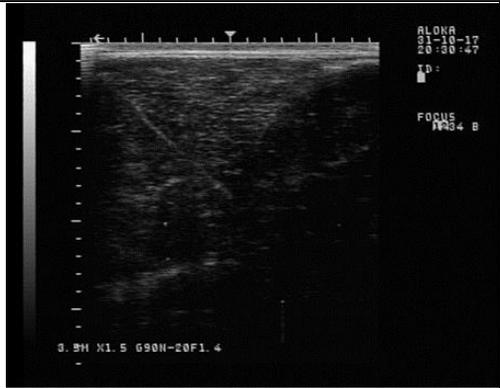
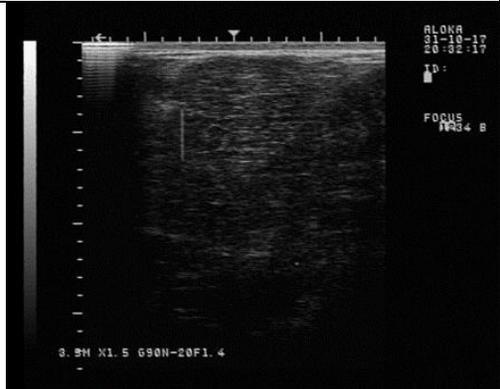
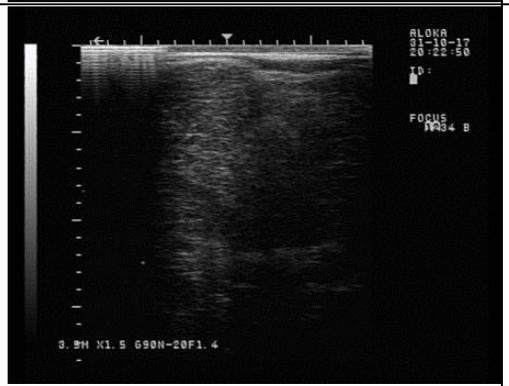
<p>8656</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:28:27 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F1.3</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:28:33 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F1.4</p>
<p>8677</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:29:01 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F1.3</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:29:14 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F1.3</p>
<p>8727</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:33:59 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F2.1</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:34:01 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F2.3</p>
<p>8734</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:35:47 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F2.4</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 16:35:52 ID: FOCUS F3.4 B</p> <p>3.5M X1.5 G90N-20F2.4</p>

<p>8724</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:40:12 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.4</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:43:27 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.4</p>
<p>8819 Necrosis G 3</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:32:30 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F1.0</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:32:45 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F1.0</p>
<p>8787</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:37:42 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 16:37:57 ID: FOCUS NR34 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.1</p>

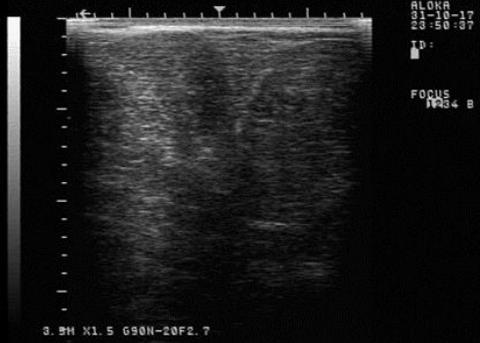
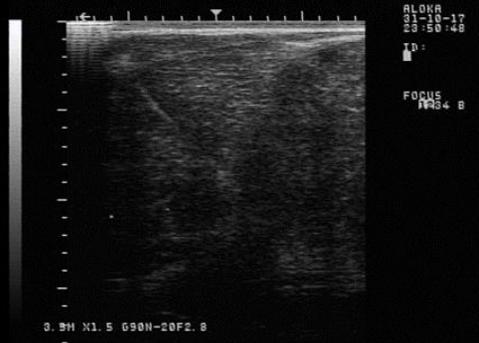
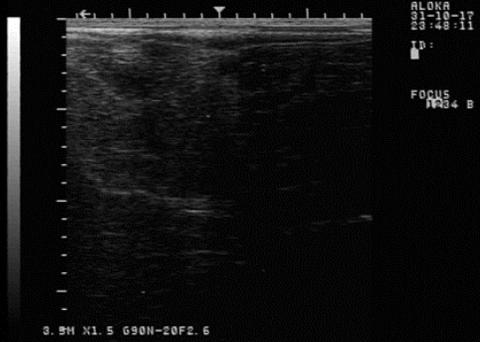
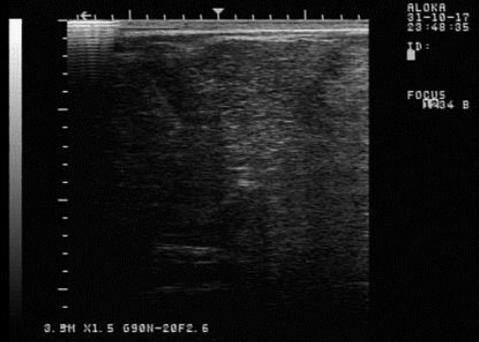
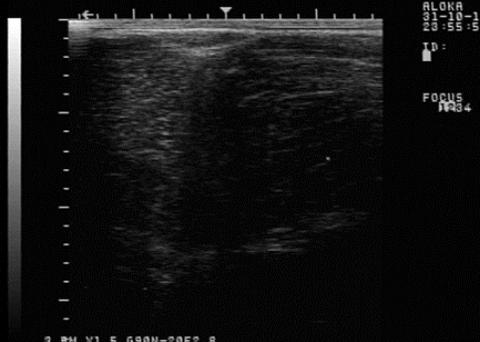
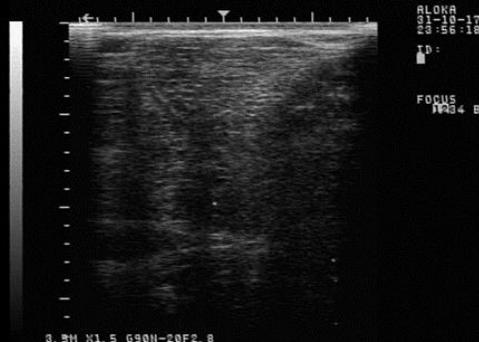
Ecografía 3

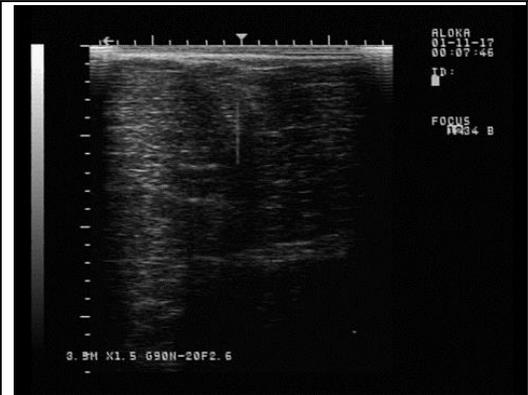
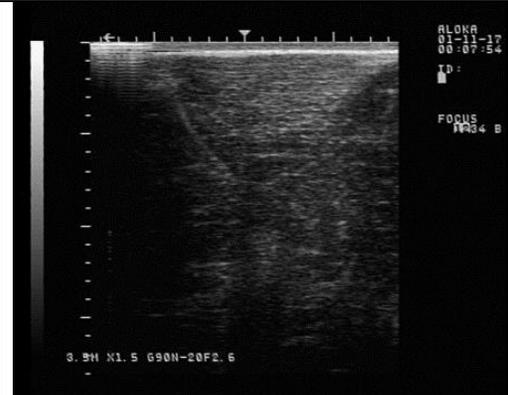
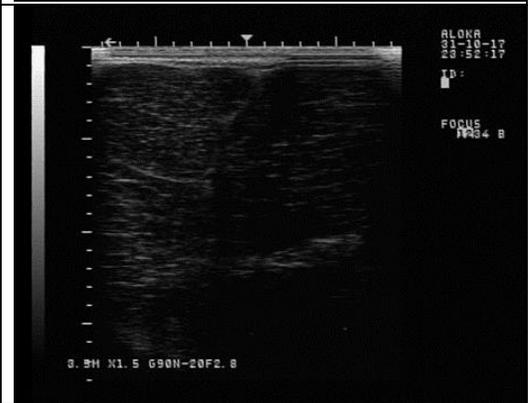
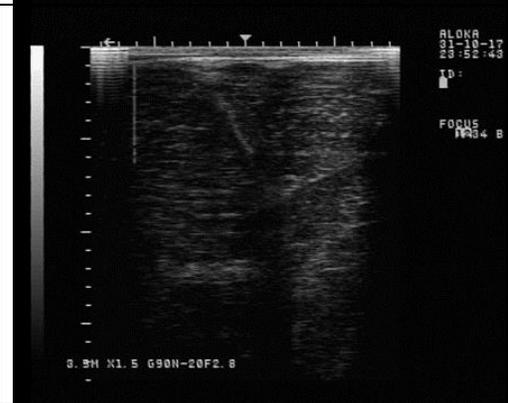
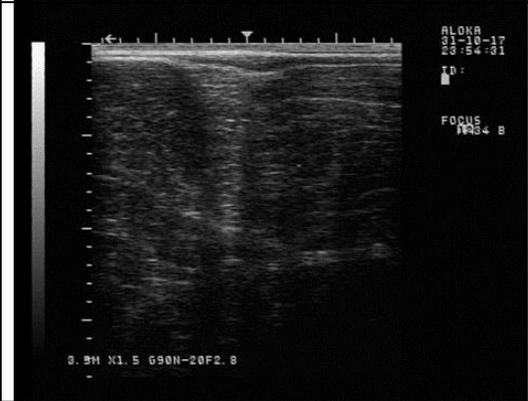
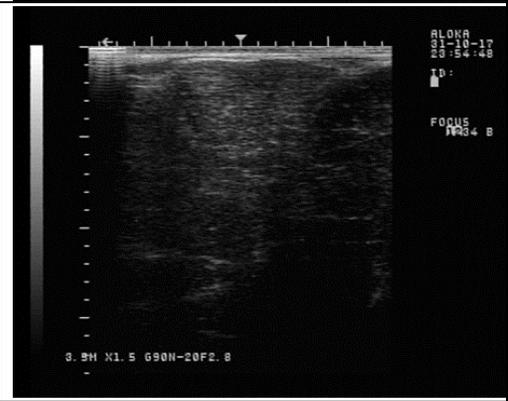
No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		
8695		

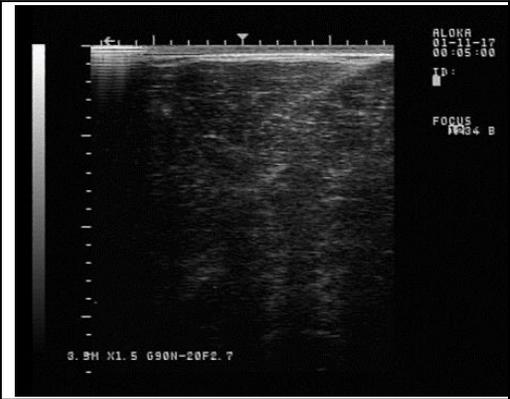
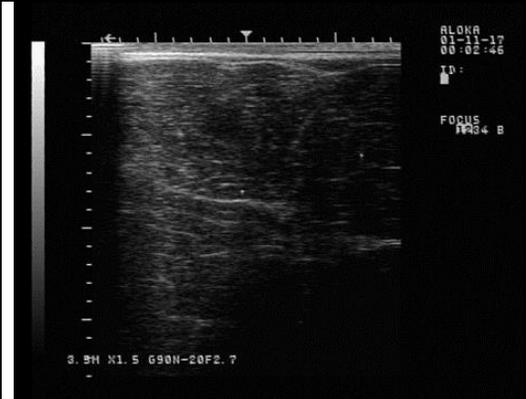
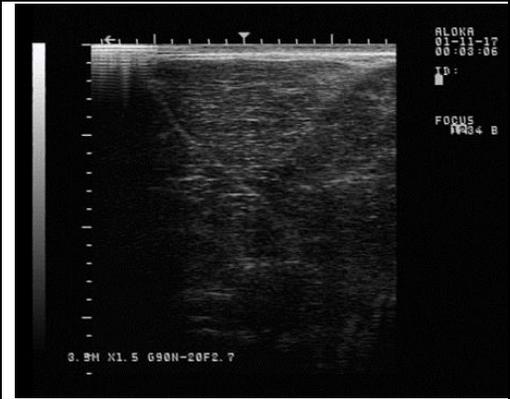
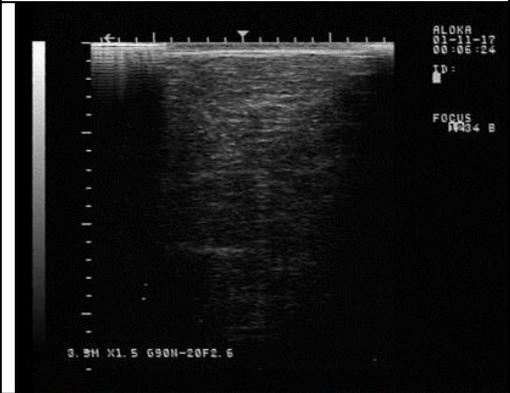
<p>8656</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:05:15 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.8</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:05:28 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.8</p>
<p>8677</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:06:44 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.4</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:27:22 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.4</p>
<p>8727</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:18:00 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.4</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:19:03 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.8</p>
<p>8734</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:20:16 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.4</p>	 <p>ALOKA 31-10-17 20:20:25 ID: FOCUS F#3.4 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F1.4</p>

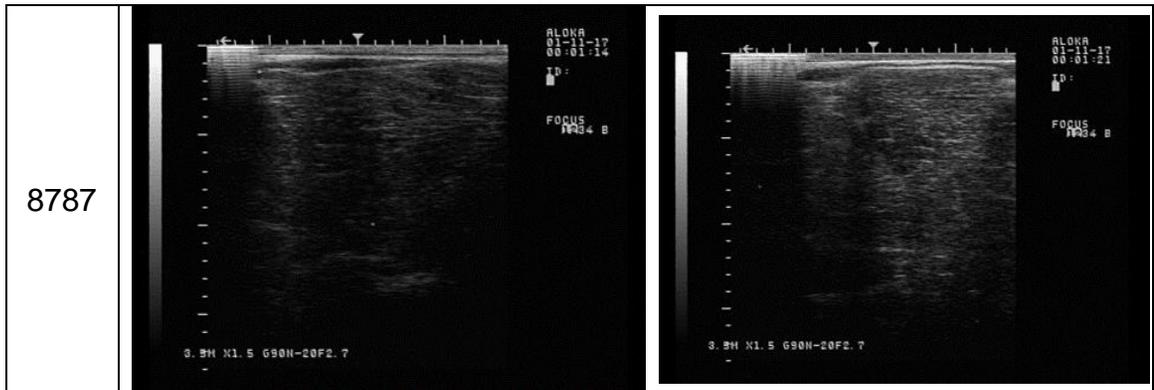
<p>8724</p>		
<p>8819 Necrosis G 3</p>		
<p>8787</p>		

Ecografía 4

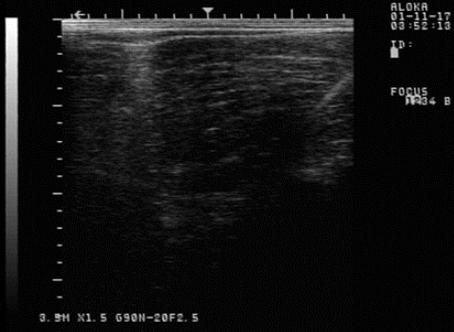
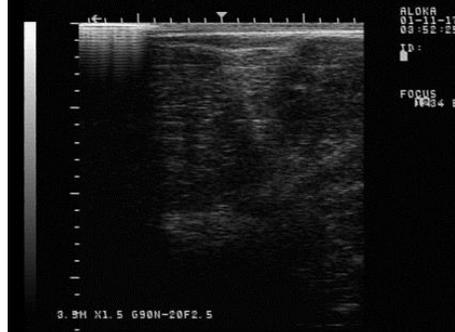
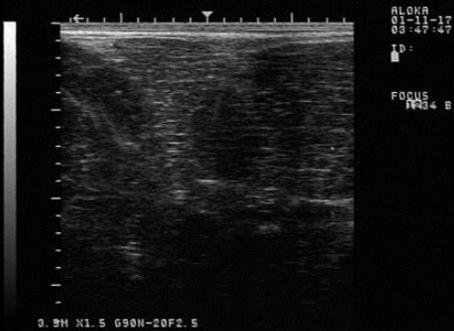
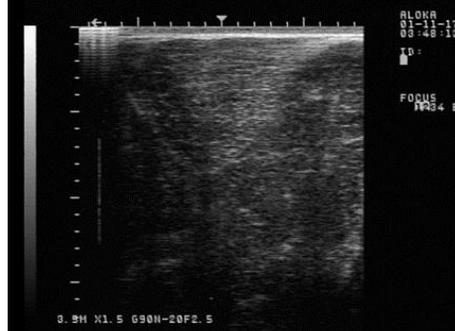
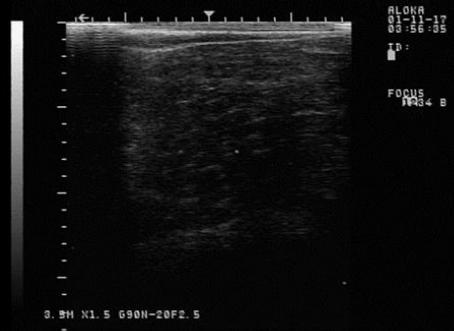
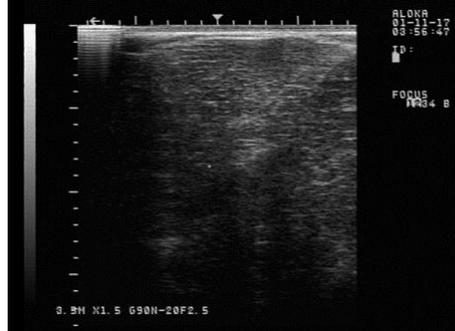
No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		
8695		

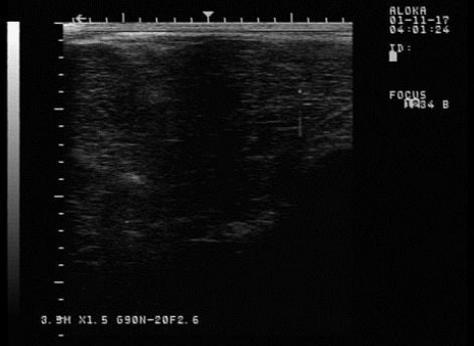
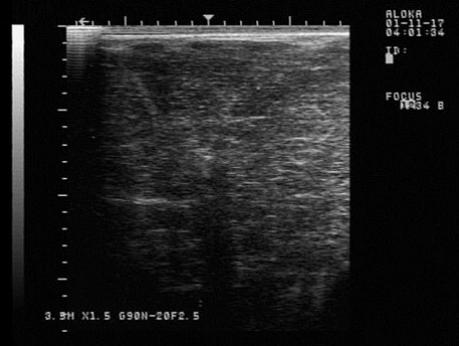
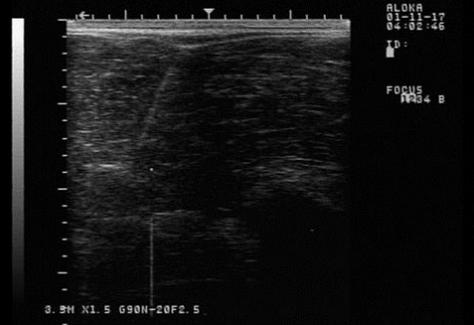
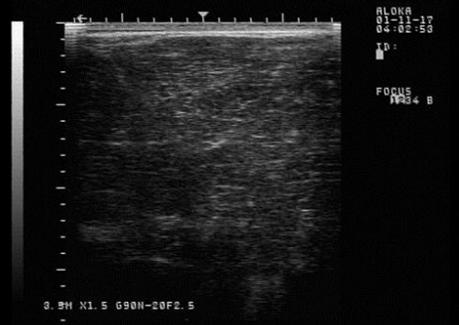
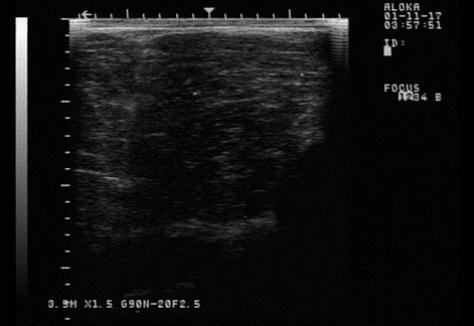
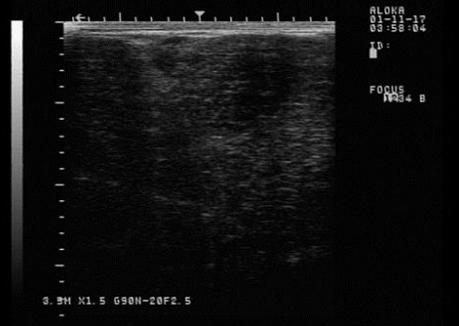
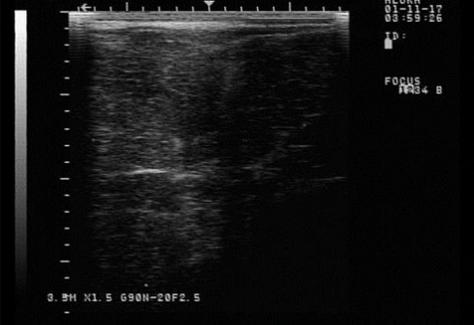
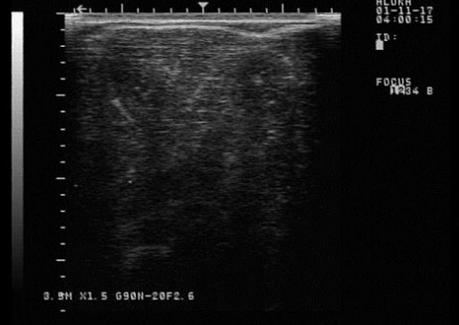
<p>8656</p> <p>Necrosis G 2</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 00:07:46 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.6</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 00:07:54 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.6</p>
<p>8677</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 23:52:17 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.8</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 23:52:43 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.8</p>
<p>8727</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 23:54:31 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.8</p>	 <p>ALOKA 01-10-17 23:54:48 ID: FOCUS 1434 B 3.9H X1.5 G90N-20F2.8</p>

<p>8734</p> <p>Necrosis G 2</p>		
<p>8724</p>		
<p>8819</p> <p>Necrosis G 3</p>		

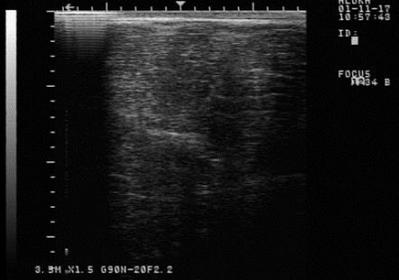
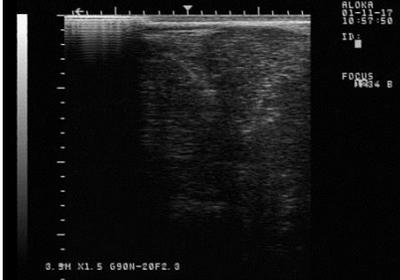
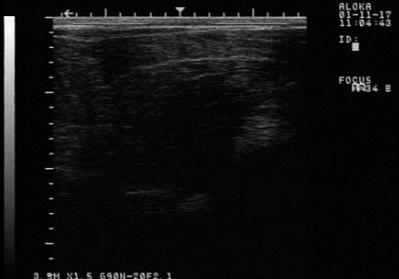
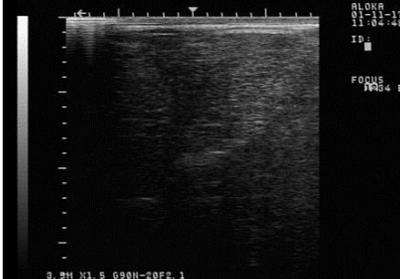
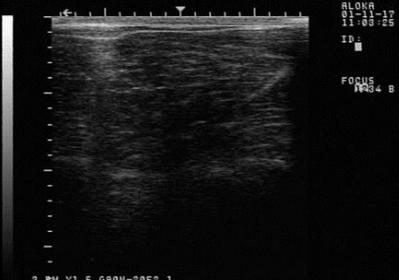
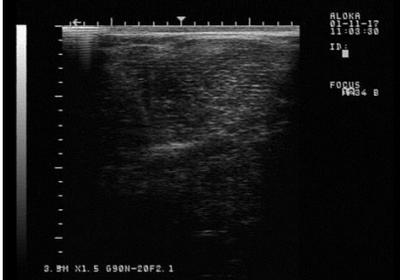
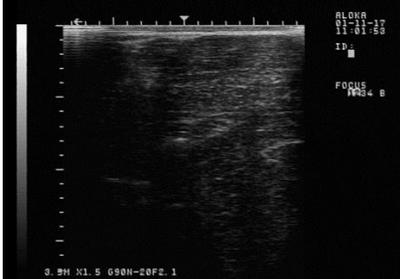


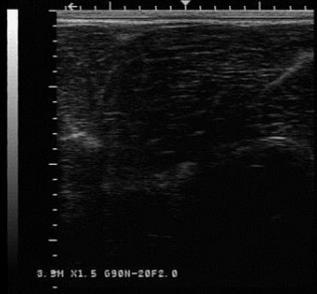
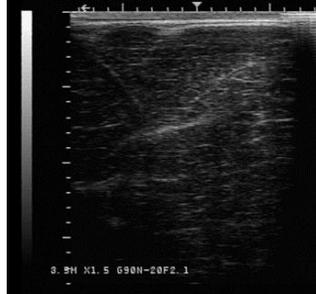
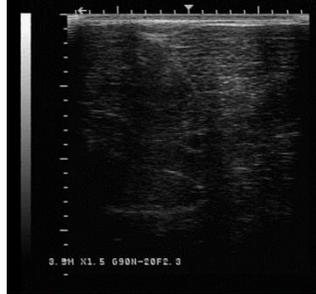
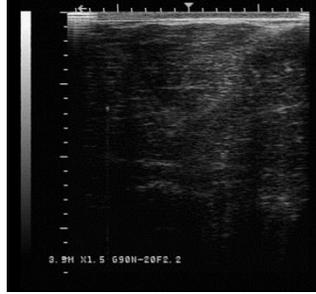
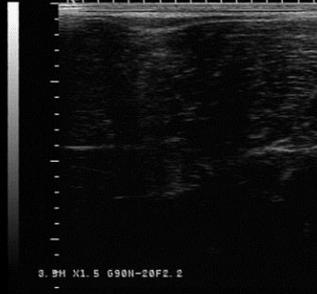
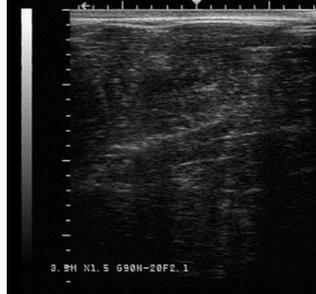
Ecografía 5		
No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		

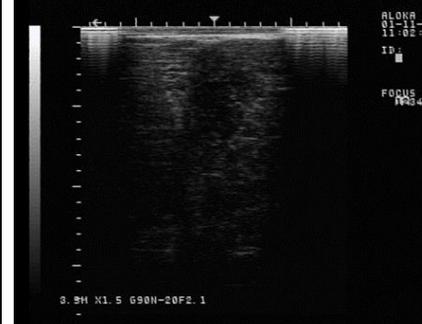
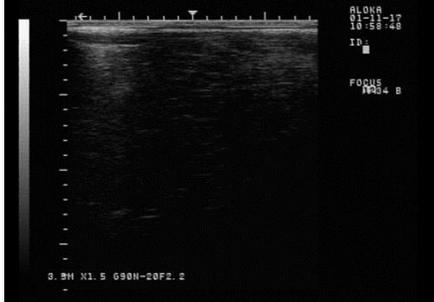
8695	 <p>ALOKA 01-11-17 03:52:30 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 03:52:25 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>
8656 Necrosis G 2	 <p>ALOKA 01-11-17 03:47:47 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 03:48:12 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>
8677	 <p>ALOKA 01-11-17 03:44:09 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 03:44:24 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>
8727	 <p>ALOKA 01-11-17 03:56:05 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 03:56:47 ID: FOCUS M34 B</p> <p>3.5H X1.5 G90N-20F2.5</p>

<p>8734</p> <p>Necrosis G 2</p>		
<p>8724</p>		
<p>8819</p> <p>Necrosis G 3</p>		
<p>8787</p>		

Ecografía 6

No. anim.	Derecho (T)	Izquierdo (machucado)
8717		
8807 Necrosis G 1		
8695		
8656 Necrosis G 2		

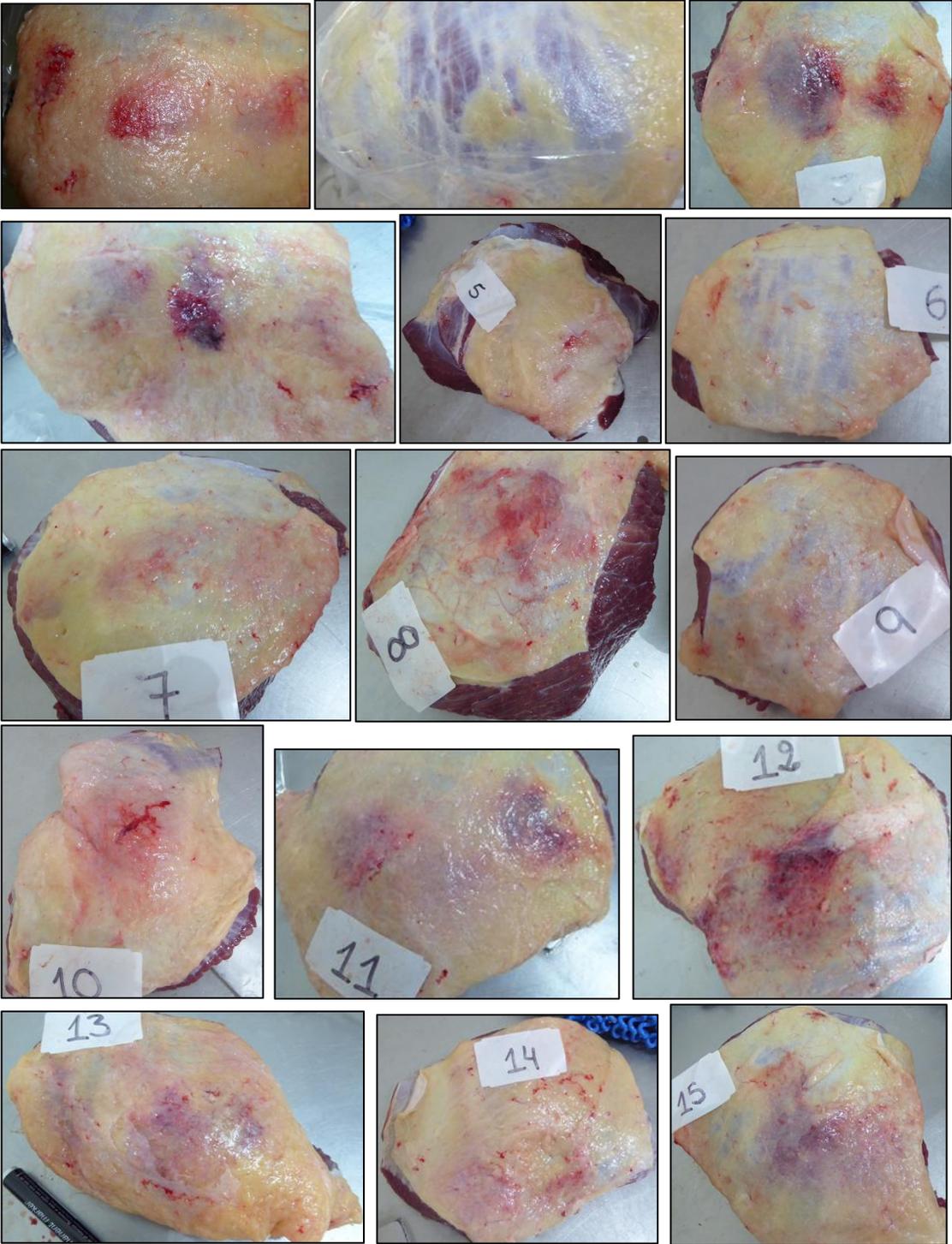
8677	 <p>ALOKA 01-11-17 11:05:06 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.0</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 11:05:09 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.1</p>
8727	 <p>ALOKA 01-11-17 10:55:43 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.3</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 10:55:53 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.3</p>
8734 Necrosis G 2	 <p>ALOKA 01-11-17 10:56:06 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.2</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 10:57:02 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.2</p>
8724	 <p>ALOKA 01-11-17 11:00:47 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.2</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 11:00:52 ID: █ FOCUS NR3 4 B</p> <p>3.5H N1.5 G90N-20F2.1</p>

<p>8819</p> <p>Necrosis G 3</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 11:02:54 ID: FOCUS 113.4 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.1</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 11:02:54 ID: FOCUS 113.4 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.1</p>
<p>8787</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 10:58:48 ID: FOCUS 113.4 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.2</p>	 <p>ALOKA 01-11-17 10:58:50 ID: FOCUS 113.4 B 3.5H X1.5 G90N-20F2.2</p>

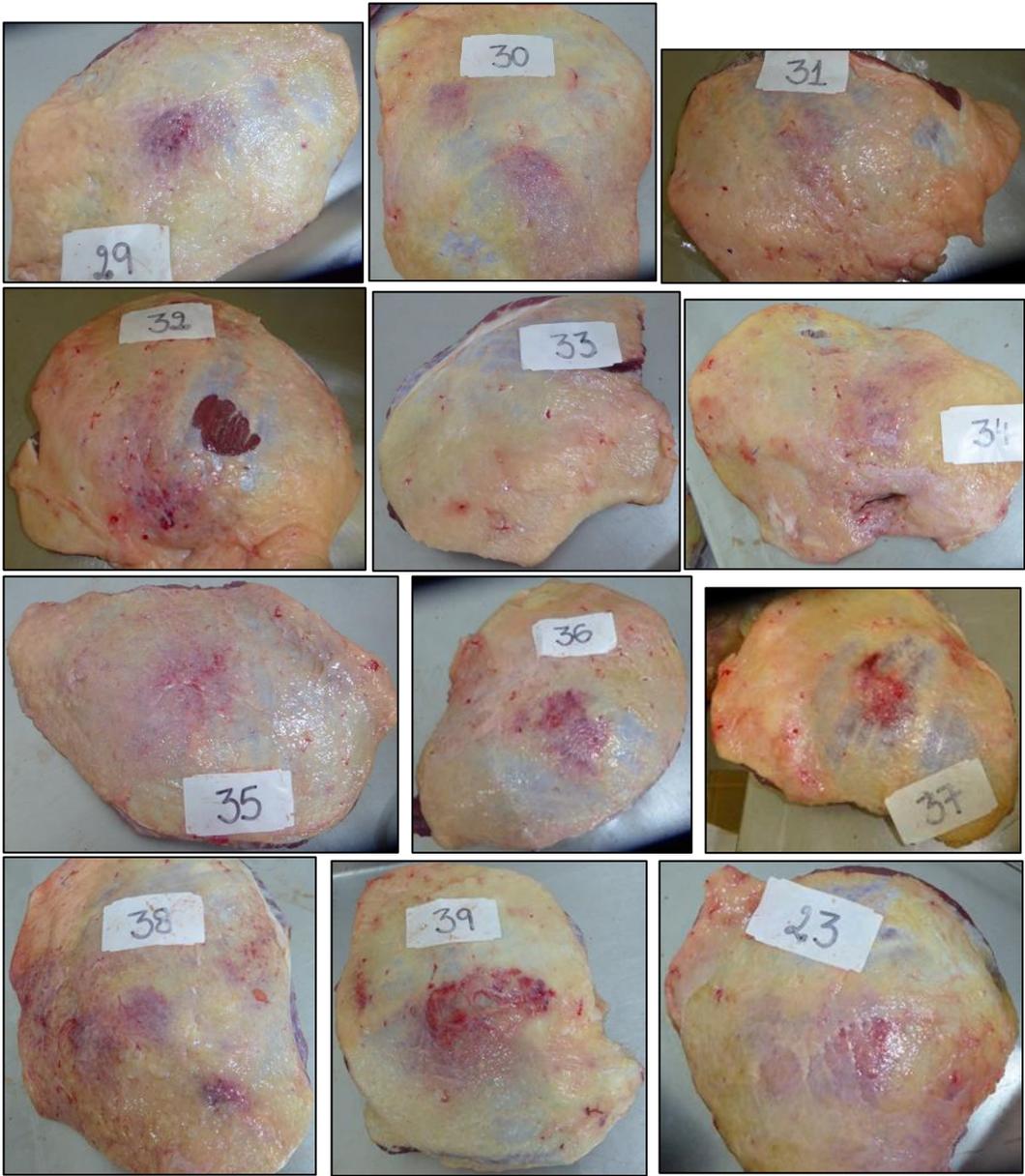
Anexo 2. Color subjetivo

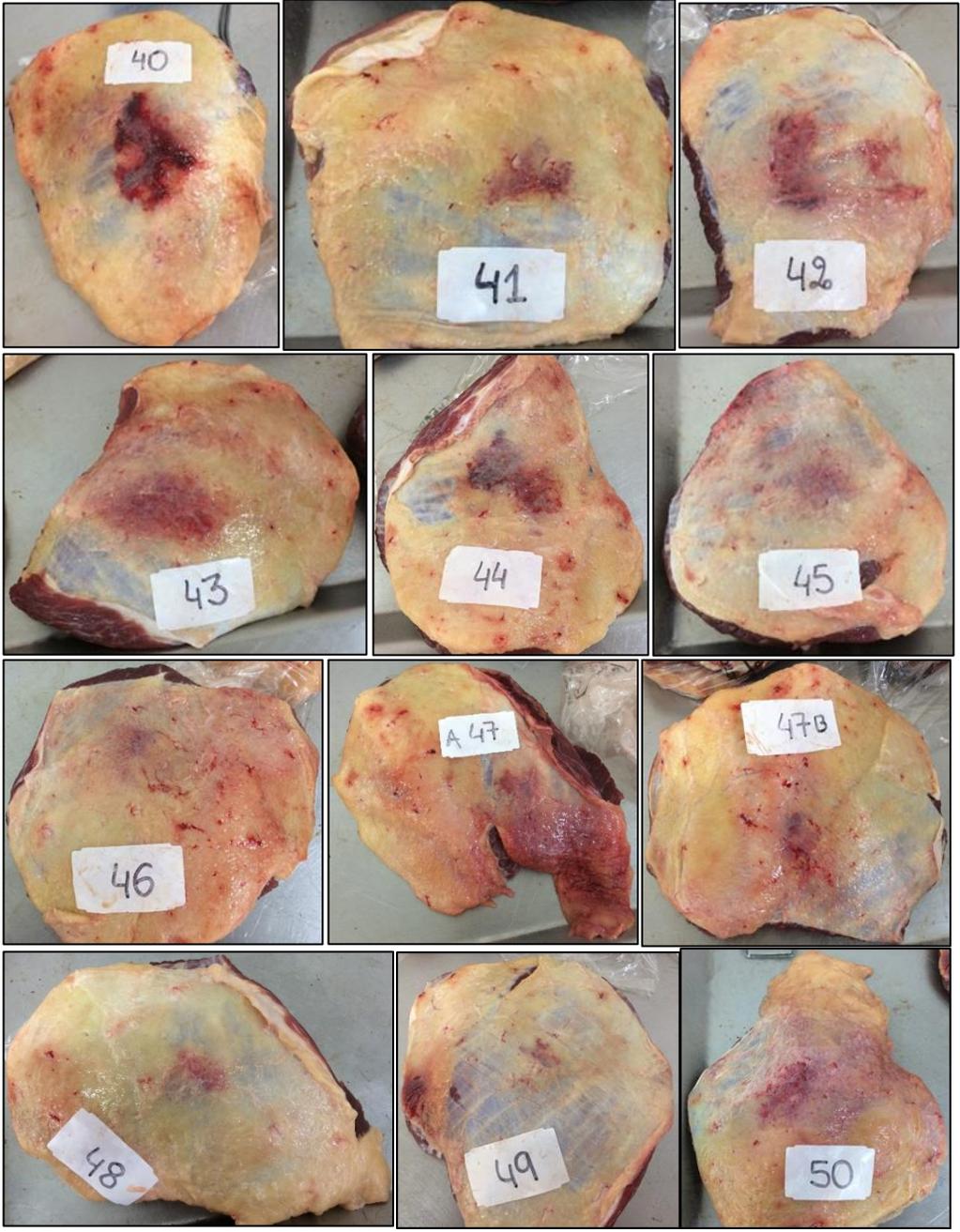
No. de animal	Escala	No. de animal	Escala	No. de animal	Escala
1	B	27	O	53	O
2	B	28	O	54	O
3	B	29	O	55	O
4	No tiene	30	O	56	O
5	O	31	O	57	B
6	No tiene	32	O	58	B
7	O	33	No tiene	59	No tiene
8	B	34	O		
9	O	35	O		
10	B	36	B		
11	O	37	B		
12	O	38	O		
13	O	39	B		
14	O	40	B		
15	O	41	O		
16	O	42	O		
17	B	43	O		
18	O	44	O		
19	O	45	O		
20	B	46	O		
21	B	47	O		
22	B	48	O		
23	O	49	O		
24	O	50	B		
25	O	51	B		
26	O	52	O		
B= brillante. O= oscuro.					

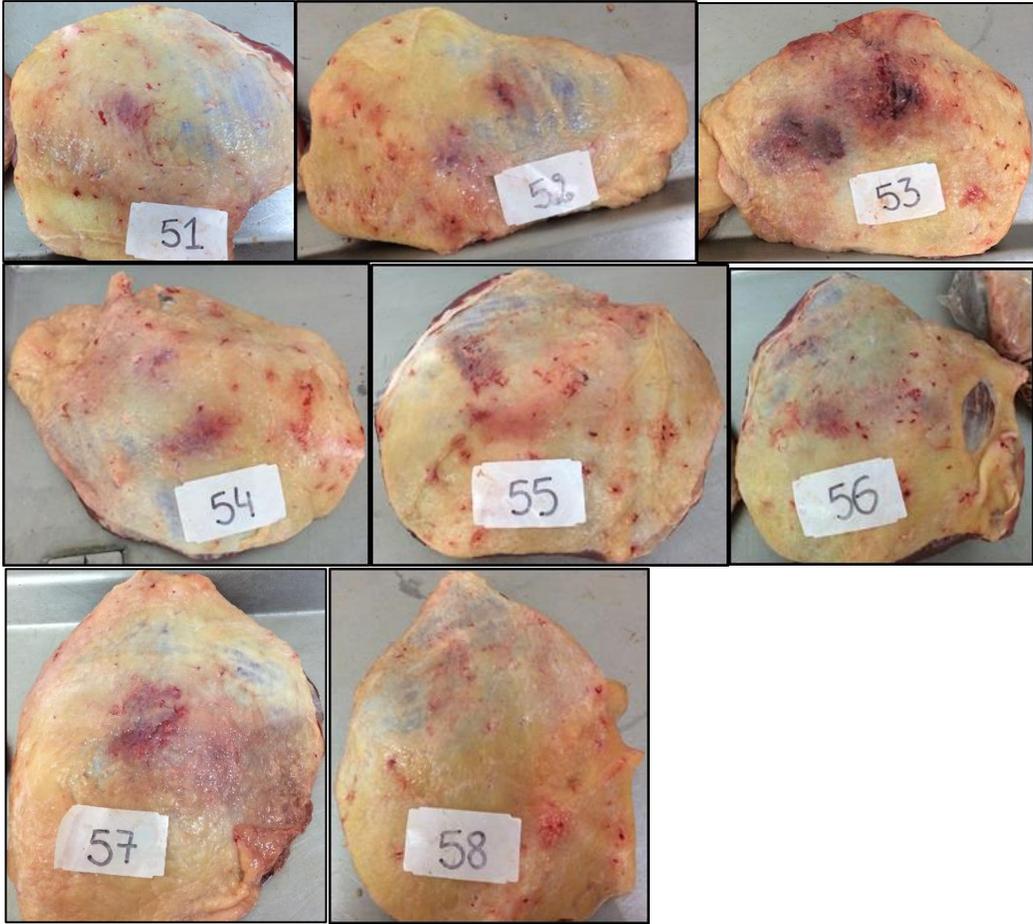
Anexo 3. Fotografías digitales ordenadas por número de muestra (n= 59)











Anexo 4. Mediciones de color objetivo

3 mediciones por lesión			
No. animal	L *	a*	b*
1	49,75	34,34	19,07
	51,82	32,83	18,63
	51,3	33,01	18,77
2	62,59	16,43	10,78
	61,4	15,71	8,52
	61,13	17,15	10,97
3	52,64	13,02	1,76
	45,55	16,54	4,72
	44,56	14,2	2,26
4	80,13	-0,89	-2,66
	73,99	1,63	-4,19
	80,62	-0,91	-2,05
5	40,29	28,92	10,32
	41,32	29,72	10,56
	42,32	25,06	7,03
6	79,89	-0,35	2,53
	80,29	-0,58	-0,94
7	69,48	12,87	18,09
	66,5	17,97	17,66
	66,76	17,44	18,86
8	46,77	28,07	12,23
	49,98	29,29	14,6
	51,99	22,36	11,48
9	64,81	13,25	6,14
	64,48	13,18	5,29
	64,57	13,25	7,42
10	60,57	20,98	12,2
	56,12	27,31	16,72
	58,02	26,07	17,53
11	56,15	15,43	6,91
	55,62	15,17	7,89
	65,33	17	15,04

12	43,1	26,91	10,56
	45,42	27,61	11,99
	45,52	27,03	12,03
13	55,44	17,97	9,54
	54,44	19,09	10,99
	53,23	19,9	11,48
14	66,95	14,45	10,49
	66,56	13,14	11,65
	68,22	13,13	11,95
15	55,25	13,55	1,69
	49,3	18,55	4,87
	53,25	17,32	6,49
16	40,56	28,88	11,71
	42,22	31,17	14,24
	40,86	29,98	13,27
17	53,65	31,24	14,28
	55,63	32,77	16,98
	55,86	31,75	17,49
18	70,03	10,82	10,73
	69,9	12,46	15,06
	70,04	13,9	14,56
19	49,91	19,18	7,12
	52,04	17,43	7,03
	52,33	18,17	8,4
20	41,58	32,76	11,49
	42,99	31,87	10,19
	41,71	33,8	10,98
21	56,05	20,7	11,19
	57,27	21,82	11,89
	58,67	16,73	13,53
22	66,23	12,67	16,77
	68,43	11,91	15,19
	67,15	12,57	16,11
23	64,62	22,23	19,61
	61,64	20,31	21,26
	62,62	22,38	29,66

24	63,24	17,94	9,19
	63,15	18,66	9,08
	62,19	19,25	9,59
25	56,16	23,45	10,86
	55,37	24,21	11,2
	56,26	24,12	11,81
26	57,75	11,01	-0,3
	54,02	13,07	1
	55,96	11,8	0,67
27	61,2	14,42	10,11
	60,21	12,89	9,21
	64,33	11,37	14,22
28	51,77	24,28	9,67
	50,25	25,41	9,26
	50,3	25,28	9,63
29	53,88	19,7	5
	54,62	20,49	6,42
	53,2	20,28	6,02
30	63,29	21,55	7,43
	63,06	21,27	7,38
	65,24	19,89	8,64
31	61,39	13,96	9,25
	58,81	18,21	9,25
	58,59	18,1	8,97
32	53,79	20,94	3,97
	57,84	17,87	4,85
	60,37	17,98	6,23
33	71,67	2,49	-3,44
	73,81	1,27	11,02
	74,05	0,47	11,19
34	60,5	18,16	12,61
	62,64	17,1	14,1
	63,31	16,33	13,24
35	57,19	22,46	11,75
	56,67	24,98	12,66
	57,31	23,14	9,43

36	49,91	23,62	8,2
	47,81	27,44	13,06
	49,88	26,38	13,06
37	58,83	25,45	13,24
	61,46	23,66	15,09
	58,75	26,21	14,13
38	54,56	18,6	6,73
	53,99	19,98	8,52
	54,38	19,8	7,92
39	53,71	25	11,67
	52,06	25,1	10,52
	54,05	25,4	12,69
40	45,15	33,09	7,99
	45,8	27,13	11,53
	50,03	29,94	14,87
41	60,84	16,47	14,5
	58,25	18,74	14,25
	56,68	19,8	13,31
42	49,43	24,39	5,87
	52,7	24,34	8,38
	53,81	23,09	8,29
43	51,92	26,09	11,15
	50,77	27,3	12,03
	51,2	27,2	11,4
44	47,77	26,79	14,41
	49,96	23,84	13,97
	48,19	25,91	15,6
45	53,26	19,22	5,25
	56,41	17,27	5,26
	52,85	19,95	6,77
46	60,88	16,8	13,73
	56,96	20,41	11,75
47	57,92	19,93	12,61
	52,92	22,96	6,91
	55,64	21,92	10,45

48	52,61	23,22	11,27
	51,15	43,73	11,57
	51,8	23,9	11,63
49	63,36	20,08	14,45
	61,36	21,25	12,65
	66,76	19,22	18,86
50	43	27,47	10,61
	52,26	20,82	12,69
	42,82	27,29	11,06
51	49,79	25,66	9,45
	52,28	24,78	11
	52,05	25,32	11,66
52	57,96	21,57	7,26
	66,83	14,62	9,09
	61,66	18,8	8,48
53	64,56	13,32	7,17
	66,02	13,06	7,33
	66,71	10,28	8,09
54	43,27	28,88	15,54
	42,09	29,77	15,89
	41,57	29,59	15,41
55	49,38	28,08	11,12
	49,33	26,16	9,43
	49,48	26,05	9,72
56	55,36	17,24	5,87
	53,46	19,23	8,32
	58,59	15,41	7,45
57	55,22	27,56	11,75
	54,81	27,74	12,2
	56,89	25,29	12,52
58	49,65	29,21	10,16
	49,8	29,16	13,28
	51,03	28,48	14,07
59	65,57	3,86	20,12
	65,34	3,66	19,05
	63,14	5,76	18,35

Promedio de las 3 mediciones			
No. animal	L*	a*	b*
1	50,96	33,39	18,82
2	61,71	16,43	10,09
3	47,58	14,59	2,91
4	78,25	-0,06	-2,97
5	41,31	27,90	9,30
6	80,09	-0,47	0,80
7	67,58	16,09	18,20
8	49,58	26,57	12,77
9	64,62	13,23	6,28
10	58,24	24,79	15,48
11	59,03	15,87	9,95
12	44,68	27,18	11,53
13	54,37	18,99	10,67
14	67,24	13,57	11,36
15	52,60	16,47	4,35
16	41,21	30,01	13,07
17	55,05	31,92	16,25
18	69,99	12,39	13,45
19	51,43	18,26	7,52
20	42,09	32,81	10,89
21	57,33	19,75	12,20
22	67,27	12,38	16,02
23	62,96	21,64	23,51
24	62,86	18,62	9,29
25	55,93	23,93	11,29
26	55,91	11,96	0,46
27	61,91	12,89	11,18
28	50,77	24,99	9,52
29	53,90	20,16	5,81
30	63,86	20,90	7,82
31	59,60	16,76	9,16
32	57,33	18,93	5,02
33	73,18	1,41	6,26
34	62,15	17,20	13,32

35	57,06	23,53	11,28
36	49,20	25,81	11,44
37	59,68	25,11	14,15
38	54,31	19,46	7,72
39	53,27	25,17	11,63
40	46,99	30,05	11,46
41	58,59	18,34	14,02
42	51,98	23,94	7,51
43	51,30	26,86	11,53
44	48,64	25,51	14,66
45	54,17	18,81	5,76
46	58,92	18,61	12,74
47	55,49	21,60	9,99
48	51,85	30,28	11,49
49	63,83	20,18	15,32
50	46,03	25,19	11,45
51	51,37	25,25	10,70
52	62,15	18,33	8,28
53	65,76	12,22	7,53
54	42,31	29,41	15,61
55	49,40	26,76	10,09
56	55,80	17,29	7,21
57	55,64	26,86	12,16
58	50,16	28,95	12,50
59	64,68	4,43	19,17

Anexo 5. Datos de temperatura

Tratamiento	Temperatura del hematoma	Temperatura de referencia
21 horas	28,7	32,4
	28,7	30,8
	27,6	30,8
	27,1	31,1
	28,5	32,2
17 horas	28,5	31,2
	26,9	30,4
	27,3	29,9
	26,8	30,7
	29,2	32,7
	29,8	32,5
	29,3	31,4
	29,0	31,6
	26,8	29,4
	27,9	30,4
13 horas	27,8	33,1
	28,9	30,5
	29,9	31,5
	30,4	31,5
	30,1	31,7
	28,7	31,3
	32,3	34
	30,6	32,7
	28,6	31
9 horas	29,2	32
	29,7	31,8
	30,3	32,1
	28,5	31,5
	28,9	30,7
	27,9	31,8
	29	30,9
	27,1	30,1

5 horas	28,4	30,9
	27,8	29,8
	27,4	29,9
	27,5	29,7
	26,8	30,3
	28,6	29,3
	28,3	29,3
	26,3	29,1
	27	28,4
	27,6	29,5
1 hora	28,5	29,2
	26,8	28
	27,1	29
	28	30,1
	27,9	32,1
	27,1	30,6
	26,9	29,8
	27,4	29,4
	29,3	32
	29,8	31,6

Anexo 6. Datos de elasticidad

Tratamientos	Muestra	Tejido sano	Tejido lesionado	Diferencia
		Vel. (m/s)	Vel. (m/s)	
21 horas	1	6,37	5,64	0,73
	2	7,86	6,95	0,91
	3	6,27	3,78	2,49
	5	9,7	8,23	1,47
	7	6,56	4,31	2,25
	9	7,08	7,59	-0,51
17 horas	13	11,27	5,47	5,8
	16	6,1	5,9	0,2
	17	6,47	5,13	1,34
13 horas	25	8,1	7,21	0,89
	28	7,9	6,47	1,43
9 horas	31	6,6	6,21	0,39
	23	8,1	7,21	0,89
	35	5,68	5,48	0,2
	36	7,92	5,64	2,28
	37	8,95	7,72	1,23
5 horas	38	6,49	5,62	0,87
	41	8,7	8,1	0,6
	42	8,63	7,6	1,03
	43	10,1	7,66	2,44
	44	9,9	8,5	1,4
1 hora	45	5,98	5,54	0,44
	48	10,54	7,13	3,41
	49	10,54	7,13	3,41
	53	9,54	6,3	3,24
	55	10,76	8,01	2,75
	57	5,89	5,42	0,47

Anexo 7. Datos del análisis macroscópico

No. anim.	Macroscopía	
	Macroscopía inmediato a faena	Macroscopía 24 post faena: ausencia/presencia lesión
	No= 0; tejido adiposo= 1; músculo= 2; ambos= 3; sí pero sin localización= 4; s.d.= 5	No= 0; tejido adiposo= 1; músculo= 2; ambos= 3
1	0	0
2	1	0
3	3	0
4	0	0
5	1	1
6	0	0
7	4	0
8	4	0
9	1	0
10	1	0
11	4	3
12	1	1
13	1	1
14	1	0
15	1	3
16	0	1
17	1	1
18	1	0
19	1	0
20	3	3
21	1	1
22	0	0
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	1
29	1	0
30	1	0
31	1	0
32	1	1

33	0	0
34	1	0
35	1	0
36	1	0
37	1	0
23	1	1
38	1	0
39	1	1
40	3	1
41	3	0
42	1	0
43	1	0
44	1	0
45	1	1
46	1	1
47	1	1
48	1	1
49	1	0
50	1	0
51	1	0
52	1	0
53	5	1
54	1	0
55	1	1
56	1	0
57	1	0
58	1	0
59	1	1

Anexo 8. Datos del análisis microscópico. Hemorragia y edema

Microscopía		
No. anim.	Hemorragia	Edema
	no= 0; si= 1	no=0; si= 1
1	0	1
2	0	1
3	1	1
4	0	0
5	1	1
6	0	0
7	1	1
8	1	1
9	0	1
10	0	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	1	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	1
29	1	1
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	0	0

34	0	1
35	1	1
36	1	1
37	1	1
23	1	1
38	1	1
39	1	1
40	1	1
41	1	1
42	1	1
43	1	1
44	1	1
45	1	1
46	1	1
47	1	1
48	1	1
49	1	1
50	1	1
51	1	1
52	1	1
53	1	1
54	1	1
55	1	1
56	1	1
57	1	1
58	1	1
59	1	1

Anexo 9. Datos del análisis microscópico. Infiltrado inflamatorio (grado y localización)

Microscopía		
No. anim.	Infiltrado inflamatorio (L/M/S)	
	Grado: N= 0; L= 1; M= 2; S= 3	Localización: no= 0; tejido adiposo-conjuntivo= 1; músculo= 2; ambos= 3
1	2	3
2	0	0
3	2	3
4	0	0
5	2	3
6	0	0
7	2	3
8	3	3
9	0	0
10	0	0
11	3	3
12	2	3
13	1	1
14	1	1
15	3	3
16	1	1
17	1	3
18	2	1
19	2	3
20	2	3
21	1	3
22	1	1
24	2	1
25	1	1
26	2	1
27	2	1
28	0	0
29	3	3
30	3	3
31	3	3

32	0	0
33	0	0
34	0	0
35	3	1
36	2	1
37	1	1
23	2	1
38	2	3
39	2	3
40	2	3
41	3	3
42	1	1
43	1	1
44	2	1
45	3	3
46	2	3
47	2	3
48	2	1
49	2	1
50	2	1
51	1	1
52	0	0
53	1	1
54	2	1
55	1	1
56	0	0
57	2	3
58	2	3
59	1	1

Anexo 10. Datos del análisis microscópico. Necrosis (grado y localización) y fibrosis

Microscopía			
No. anim.	Necrosis		Fibrosis
	No= 0; L= 1; M= 2; S= 3	Localización: no= 0; tejido adiposo=1; músculo= 2; ambos= 3	No= 0; si= 1
1	1	2	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	2	3	0
6	0	0	0
7	2	3	0
8	3	3	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	3	3	0
12	1	2	0
13	1	1	0
14	1	1	0
15	2	3	0
16	1	1	0
17	1	1	0
18	1	1	0
19	1	3	0
20	1	3	0
21	1	3	0
22	0	0	0
24	1	1	0
25	0	0	0
26	1	1	0
27	1	1	0
28	0	0	0
29	1	3	0
30	2	3	0

31	1	3	0
32	0	0	0
33	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	0
36	0	0	0
37	0	0	0
23	0	0	0
38	1	3	0
39	1	1	0
40	1	1	0
41	1	3	0
42	0	0	0
43	0	0	0
44	0	0	0
45	1	3	0
46	1	3	0
47	1	3	0
48	0	0	0
49	1	1	0
50	1	1	0
51	0	0	0
52	0	0	0
53	0	0	0
54	1	1	0
55	0	0	0
56	0	0	0
57	1	3	0
58	1	3	0
59	0	0	0