



**Universidad Nacional de Rosario**  
**Facultad de Ciencias Veterinarias**

**Trabajo de Tesis realizado como requisito para optar al título de**  
**DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: evaluación en el miembro pelviano del conejo (*Oryctolagus cuniculus*)”.**

- **Doctorando: Pereyra, Carlos Fabio**
- **Directora: Madariaga, María José**
- **Codirector: Smacchia, Carlos Alberto**

**Universidad Nacional de Rosario**  
**Facultad de Ciencias Veterinarias**

**“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: evaluación en el miembro pelviano del conejo (*Oryctolagus cuniculus*)”.**

- Doctorando: *Médico Veterinario Pereyra, Carlos Fabio*
- Directora: *Dra. Madariaga, María José*
- Codirector: *Dr. Smacchia, Carlos Alberto*

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE TESIS:**

Dra. Cambiaggi, Vanina

Dr. Pochettino, Arístides

Dr. Rinaudo, Agustín

A mis Maestros y Familia

*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”*

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”*

Albert Einstein.

## AGRADECIMIENTOS

Terminar este proyecto no hubiese sido posible sin el apoyo profesional de mi Directora María José Madariaga, quien con paciencia encausó mi trabajo. Su sabia dirección, basada en sus sólidos conocimientos y experiencia, devinieron en una guía constante y necesaria que tuvo siempre el firme propósito de conseguir los resultados presentados y alcanzar los objetivos propuestos, en el marco de un debate crítico, constructivo., de aceptación y respeto mutuo. Muchas gracias por su amistad, por todo su tiempo dedicado a la dirección y corrección de esta tesis, y, fundamentalmente, por haber confiado en mí desde el inicio hasta el final de mi doctorado.

A mi codirector Dr. Carlos Smacchia en quien, desde hace muchos años encontré no solo a un profesor que me transmitió la pasión por la Medicina Veterinaria, y por la Anatomía misma, sino a una persona que confió siempre en mí, en lo personal y lo profesional, brindándome con los brazos abiertos, un espacio que me permitió crecer y animarme a más, con la tutela de su conocimiento, pero fundamentalmente de su amistad.

Este trabajo está dedicado con todo mi cariño a mi familia; de manera especial a mi esposa Elisabet, quien ha puesto toda su confianza en mí para lograr este gran objetivo de mi carrera. Es quien, con su apoyo incondicional a través de sus consejos, de lecturas compartidas, de tiempos de descanso postergados, pero especialmente con su amor, y paciencia, me ha alentado de manera permanente a alcanzar esta meta. Y a mis hijos Mariano y Tomás, quienes son mi motor diario para superarme.

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no creo que sea el único legado del cual yo particularmente me sienta muy agradecido. Mis padres me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. Gracias por los valores, por mostrarme siempre el compromiso para con la tarea, por la voluntad inculcada, por el acompañamiento incondicional, por el ejemplo del esfuerzo y del trabajo. Son los pilares de mi vida. Gracias Juan y Cristina.

Finalmente, este proyecto se concretó con ayuda de muchas personas que participaron desinteresadamente, pero sin quienes, no hubiese obtenido los mismos resultados.

Por ello quiero agradecerles:

A, Bioquímica María Eugenia. Biancardi; del Área Morfología de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y farmacéuticas de la UNR, por los aportes teóricos y por su trabajo con los preparados histológicos; y a quienes pudieren haber colaborado o contribuido con su aporte personal, equipamiento o instalaciones para la concreción de este trabajo.

A mis compañeros de cátedra, becarios, y amigos por su apoyo trascendental en la fase experimental y su colaboración en los trabajos de disección.

Por último, a mi querida casa de estudios Facultad de Ciencias Veterinarias, de la Universidad Nacional de Rosario en la que actualmente me desempeño como docente, a quienes la dirigen y conforman, por permitirme desarrollar este doctorado en la misma y brindarme la oportunidad de crecer profesional y humanamente.

**PUBLICACIONES PARCIALES DEL TRABAJO DE TESIS****Proyecto acreditado**

*IVET235: “Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído”*. Aprobado y subsidiado por la Universidad Nacional del Rosario, Res. C.S. N° 757/2017. Facultad de Ciencias Veterinarias-UNR.

Director: Dra. María José Madariaga.

Codirector: Méd. Vet. Carlos Fabio Pereyra.

**Proyectos desarrollados en el marco del Programa de Becas de Promoción de las Actividades Científicas y Tecnológicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario. (Res C.D. N° 225/12)**

- *“Aplicación de la técnica de conservación de cadáveres CFP–Soft Fix en secciones de piezas anatómicas del aparato locomotor de diferentes especies domésticas”*. Año 2018.

Becario: Parola, Damián Gustavo.

Director: Méd. Vet. Carlos Fabio Pereyra.

Codirector: Dra. María José Madariaga.

- *“Aplicación de la técnica de conservación de cadáveres CFP–Soft Fix en órganos parenquimatosos luego de su ablación”*. Año 2018.

Becaria: Perez Mogetta, Luisina Camila.

Director: Méd. Vet. Carlos Fabio Pereyra.

Codirector: Dra. María José Madariaga.

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: análisis de características morfológicas, flexibilidad, volumen y color”*. Año 2016.

Becarias: Cirimele, María Noel y Perez Mogetta, Luisina Camila.

Director: Dra. María José Madariaga.

Codirector: Méd. Vet. Carlos Fabio Pereyra.

### Trabajos completos publicados en revistas científicas con referato

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

Libro de la **X Jornada de Ciencia y Tecnología 2016**– U.N.R. – 2017. Págs. 190-195. ISBN 978-987-702-238-4. <http://www.unr.edu.ar/noticia/10878/x-jornada-de-ciencia-y-tecnologia-2015-libro-electronico>.

- *“Evaluación de parámetros de conservación de cadáveres en miembros pelvianos de conejo preservados por el método CFP – Soft Fix (sin formaldehído)”*

Pereyra, C. F.; Perez Mogetta, L.C.; Smacchia, C. A.; Cirimele, M.N.; Biancardi, M.E.; Madariaga, M. J.

Libro de la **XI Jornada de Ciencia y Tecnología 2017**– U.N.R. – 2018. Págs. 247-254. ISBN 978-987-702-304-6. <https://bit.ly/2ED3Hcu>.

### Resúmenes publicados en revistas científicas con referato

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

Publicación de la **X Jornada de Ciencia y Tecnología** – U.N.R. – Rosario – 26/10/2016. <http://www.unr.edu.ar/categoria/718/jorcyt-posters>

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

Libro de resúmenes **XVIII Congreso y XXXVI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario** – Pág. 132 – ISSN 2314-1484. Rosario – 5 y 6/12/2016.

- *“Study of a cadavers conservation technique without the use of formaldehyde”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

**Biocell** – Vol. 40(4): A62 – 2016 - Editor: Oficial Journal of S.L.A.M.E., S.I.A.B.C. and S.A.I.B. (Mendoza). ISSN 0327-9545 (print) y 1667-5746 (electronic).

- *“Evaluation of conservation parameters in pelvic rabbit members preserved by the method CFP - soft fix (without formaldehyde)”*

Pereyra, C. F.; Perez Mogetta, L.C.; Smacchia, C. A.; Cirimele, M.N.; Biancardi, M.E.; Madariaga, M. J.

**Biocell** – Vol. 42(4) Abstract A2 - Editor: Oficial Journal of S.L.A.M.E., S.I.A.B.C. and S.A.I.B. (Mendoza). ISSN 0327-9545 (print) y 1667-5746 (electronic).  
[https://www.mendoza-onicet.gob.ar/portal/biocell/ROSARIO\\_BIOLOGY\\_SOCIETY\\_XIX\\_CONGRESS\\_XXV\\_ANNUAL\\_MEETING.pdf](https://www.mendoza-onicet.gob.ar/portal/biocell/ROSARIO_BIOLOGY_SOCIETY_XIX_CONGRESS_XXV_ANNUAL_MEETING.pdf)

- *“Evaluation of vascular replacement with latex in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) pelvic limbs preserved by the CFP - Soft Fix method”*

Pereyra, C F, Perez Mogetta, L C, Smacchia, C A, Cirimele, M N, Biancardi, M E, Madariaga, M J

**Biocell** – Vol. 42(4) Abstract A2 - Editor: Oficial Journal of S.L.A.M.E., S.I.A.B.C. and S.A.I.B. (Mendoza). ISSN 0327-9545 (print) y 1667-5746 (electronic).  
[https://www.mendoza-onicet.gob.ar/portal/biocell/ROSARIO\\_BIOLOGY\\_SOCIETY\\_XIX\\_CONGRESS\\_XXV\\_ANNUAL\\_MEETING.pdf](https://www.mendoza-onicet.gob.ar/portal/biocell/ROSARIO_BIOLOGY_SOCIETY_XIX_CONGRESS_XXV_ANNUAL_MEETING.pdf)

## **Presentaciones a Congresos**

### **En stand**

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: evaluación en el miembro pelviano del conejo (*Oryctolagus cuniculus*)”*.

- *“Study of a cadaver conservation technique without the use of formaldehyde: evaluation in the pelvic member of the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)”*.

Carlos Fabio Pereyra; Damián Gustavo Parola; Luisina Camila Perez Mogetta; María Noel Cirimele.

Presentado como Stand en **XIX Congreso Panamericano de Anatomía** - XXI Congreso de Anatomía del Cono Sur - VII Congreso Internacional de Anatomía - LVI Congreso Argentino de Anatomía - XL Congreso Chileno de Anatomía - I Congreso Ecuatoriano de Ciencias Morfológicas – XVII Simposio Ibero - Latinoamericano de

Terminología Anatómica, Histológica, Embriológica - VII Congreso Argentino de Técnicas Anatómicas - XI Jornadas Argentinas de Anatomía para Estudiantes de Ciencias de la Salud – I Encuentro Sudamericano de la International Society for Plastination. Buenos Aires 27 al 31/5/2019

### **Como poster**

- *“Estudio de la Técnica de Thiel modificada para la conservación de cadáveres sin el uso de formaldehido”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

**XVII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas 2016, Facultad de Ciencias Veterinarias. IV Jornada Latinoamericana II Jornadas de Ciencia y Tecnología 2016, Facultad de Ciencias Agrarias. I Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias 2016, Universidad Nacional de Rosario - Casilda/Zavalla - 22 y 23/9/16.**

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehido”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

**X Jornada de Ciencia y Tecnología – U.N.R. – Rosario – 26/10/2016.**  
<https://www.unr.edu.ar/noticia/10982/x-jorcyt-2016-posters>

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehido”*

Pereyra, C. F.; Smacchia, C. A.; Madariaga, M. J.

**XVIII Congreso y XXXVI Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario**  
 – Pág. 132. Rosario – 5 y 6/12/2016. <http://www.sbr.org.ar/libros.php>

- *“Evaluación de parámetros de conservación de cadáveres en miembros pelvianos de conejo preservados por el método CFP – Soft Fix (sin formaldehido)”*

Pereyra, C. F.; Perez Mogetta, L.C.; Smacchia, C. A.; Cirimele, M.N.; Biancardi, M.E.; Madariaga, M. J.

**XI Jornada de Ciencia y Tecnología 2017– U.N.R. – Rosario – 18/10/2017.**  
<https://www.unr.edu.ar/noticia/12145/xi-jorcyt-2017-posters>

- *“Evaluación de parámetros de conservación de cadáveres en miembros pelvianos de conejo preservados por el método CFP – Soft Fix (sin formaldehído)”*

Pereyra, C. F.; Perez Mogetta, L.C.; Smacchia, C. A.; Cirimele, M.N.; Biancardi, M.E.; Madariaga, M. J.

**XIX Congreso y XXXVII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario**  
– Pág. 142. Zavalla – 28 y 29/11/2017. <http://www.sbr.org.ar/libros.php>

- *“Evaluación de la repleción vascular con látex en miembros pelvianos de conejo (Oryctolagus cuniculus) preservados por el método CFP - Soft Fix”.*

Parola, D. G.; Pereyra, C. F.; Perez Mogetta, L. C.; Cirimele, M. N.; Biancardi, M. E.; Madariaga, M. J.

**XIX Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas – U.N.R.- Zavalla y Casilda -**  
16 y 17/8/2018

**XII Jornada de Ciencia y Tecnología 2018– U.N.R. – Rosario – 17 y 18/10/2018.**

**XX Congreso y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario–**  
ISSN 2314-1484. Pág. 146. Rosario – 27 y 28/11/2018. <http://www.sbr.org.ar/libros.php>

- *“Estudio de una técnica de conservación de cadáveres sin el uso de formaldehído: Análisis de características morfológicas, flexibilidad, volumen y color”.*

- *“Study of a corpse preservation technique without the use of formaldehyde: Analysis of morphological characteristics, flexibility, volume and color”.*

Luisina Camila Perez Mogetta; Carlos Fabio Pereyra; Damián Gustavo Parola; María Noel Cirimele

**XIX Congreso Panamericano de Anatomía - XXI Congreso de Anatomía del Cono Sur - VII Congreso Internacional de Anatomía - LVI Congreso Argentino de Anatomía - XL Congreso Chileno de Anatomía - I Congreso Ecuatoriano de Ciencias Morfológicas – XVII Simposio Ibero - Latinoamericano de Terminología Anatómica, Histológica, Embriológica - VII Congreso Argentino de Técnicas Anatómicas - XI Jornadas Argentinas de Anatomía para Estudiantes de Ciencias de la Salud – I Encuentro Sudamericano de la International Society for Plastination. Buenos Aires 27 al 31/5/2019**

- *“Estudio de la distribución de las arterias ilíacas en los miembros pelvianos del conejo (Oryctolagus cuniculus)”*.

- *“Study of the distribution of the iliac arteries in the pelvic members of the rabbit (Oryctolagus cuniculus)”*.

Venegas Verónica Lía; Carlos Fabio Pereyra; Damián Gustavo Parola; Luisina Camila Perez Mogetta; María Noel Cirimele.

**XIX Congreso Panamericano de Anatomía** - XXI Congreso de Anatomía del Cono Sur - VII Congreso Internacional de Anatomía - LVI Congreso Argentino de Anatomía - XL Congreso Chileno de Anatomía - I Congreso Ecuatoriano de Ciencias Morfológicas – XVII Simposio Ibero - Latinoamericano de Terminología Anatómica, Histológica, Embriológica - VII Congreso Argentino de Técnicas Anatómicas - XI Jornadas Argentinas de Anatomía para Estudiantes de Ciencias de la Salud – I Encuentro Sudamericano de la International Society for Plastination. Buenos Aires 27 al 31/5/2019

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	II
PUBLICACIONES PARCIALES DEL TRABAJO DE TESIS .....	IV
INDICE .....	X
INDICE DE TABLAS .....	XII
INDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	5
I.1 Introducción.....	5
I.2 Hipótesis de trabajo.....	7
I.3 Objetivo general.....	7
I.4 Objetivos del trabajo .....	7
I.5 Objetivos específicos .....	7
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	9
II.1. Reseña de la conservación de cadáveres .....	9
II.2. Formaldehido.....	10
II.2.1. Toxicidad del formaldehido.....	11
II.3. Conservación de tejidos.....	12
II.4. Descripción de la región anatómica en estudio: Miembro Pelviano de conejo .....	16
II.4.1. Significado del miembro pelviano en el aparato locomotor .....	16
II.4.2. Esqueleto del miembro pelviano .....	17
II.4.3. Articulaciones del miembro pelviano.....	23
II.4.4. Dependencias fibrosas del miembro pelviano .....	29
II.4.5. Sistemas neuromusculares del miembro pelviano. ....	31
II.4.6. Sistemas arterial y venoso del miembro pelviano. ....	43
II.5. Sustancias que componen las soluciones de conservación en estudio.....	52
II.5.1. Eugenol.....	52
II.5.2. Ácido Bórico.....	55
II.5.3. Etilenglicol.....	57
II.5.4. Morfolina .....	58
II.5.5. Alcohol Isopropílico .....	59
II.5.6. Sulfito Sodio .....	61
II.5.7. Nitratos y nitritos: sales curantes .....	61
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	66
III.1. Preparación de los animales .....	66

III.2. Composición y preparación de las soluciones fijadoras y de inmersión .....	68
III.3. Aplicación del método <i>CFP-Soft Fix</i> .....	71
III.4. Conservación post-fijación de los miembros pelvianos .....	73
III.5. Evaluación de la eficacia antiséptica.....	74
III.6. Evaluación de la conservación del color de los tejidos en general.....	74
III.7. Medición de la flexibilidad y la elasticidad musculares.....	75
III.8. Medición centimétrica de los perímetros musculares .....	77
III.9. Análisis histológico .....	77
III.10. Análisis estadístico.....	78
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	79
IV.1. Aplicación del método <i>CFP-Soft Fix</i> .....	79
IV.2. Conservación post-fijación de los miembros pelvianos.....	82
IV.3 Eficacia antiséptica .....	84
IV.4. Evaluación de la conservación del color.....	84
IV.5. Medición de la flexibilidad articular y la elasticidad de los tejidos del miembro pelviano. ....	84
IV.6. Medición centimétrica de los perímetros musculares .....	90
IV.7. Análisis Histológico.....	90
CAPITULO V. CONCLUSIÓN .....	96
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....	98

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la solución principal I (SOL-I) .....	69
Tabla 2 Composición de la solución principal II (SOL-II) .....	69
Tabla 3 Composición de la solución fijadora vascular.....	70
Tabla 4 Composición de la solución fijadora visceral.....	70
Tabla 5 Composición de la solución de inmersión.....	71
Tabla 6 Promedios de las mediciones de los ángulos articulares en las articulaciones coxal, genu y del tarso. ....	87

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hueso Coxal izquierdo del conejo. ....	19
Figura 2 Hueso del muslo, Fémur del conejo.....	20
Figura 3 Huesos de la pierna Tibia y Fíbula del conejo. ....	21
Figura 4 Huesos del Pie del conejo. ....	22
Figura 5 Falange distal del dedo III del conejo. ....	23
Figura 6 Articulación Sacro-ilíaca del conejo. ....	24
Figura 7 Articulaciones Sacroiliaca y coxal del conejo. ....	25
Figura 8 Articulación de la rodilla izquierda del conejo. ....	27
Figura 9 Articulación del tarso del conejo.....	28
Figura 10 Fascias del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa, muslo y pierna. Vista lateral.....	30
Figura 11 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa y muslo. Vista lateral, disección superficial.....	32
Figura 12 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa y muslo. Vista lateral, disección profunda. ....	33
Figura 13 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región sublumbar. Vista ventral, disección superficial. ....	34
Figura 14 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pelviana y muslo. Vista medial, disección superficial. ....	35
Figura 15 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pelviana y muslo. Vista medial, disección profunda. ....	36
Figura 16 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pelviana. Vista dorsal, disección profunda.....	37

Figura 17 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista lateral, disección superficial.....	38
Figura 18 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista medial, disección superficial.....	38
Figura 19 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región del pie. Vista plantar, disección profunda.....	39
Figura 20 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista lateral, disección profunda. ....	40
Figura 21 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista dorsal, disección superficial.....	41
Figura 22 Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región del pie. Vista dorsal, disección superficial .....	42
Figura 23 Distribución de las arterias ilíacas.....	44
Figura 24 Distribución de las arterias en regiones pelviana y muslo .....	45
Figura 25 Distribución arterial del muslo, pierna y pie.....	47
Figura 26 Distribución arterial del pie.....	48
Figura 27 Distribución de las venas del miembro pelviano .....	51
Figura 28 Clavo de olor ( <i>Syzygium aromaticum</i> ).....	52
Figura 29 Yema de Clavo de olor.....	52
Figura 30 Estructura química del Eugenol .....	53
Figura 31 Estructura química del ácido bórico.....	55
Figura 32 Estructura química del etilenglicol.....	58
Figura 33 Estructura química de la morfina.....	59
Figura 34 Estructura química del alcohol isopropílico.....	60
Figura 35 Estructura química del sulfito de sodio.....	61
Figura 36 Estructura química del nitrato de sodio.....	62
Figura 37 Estructura química del nitrito de sodio. ....	64
Figura 38 Estructura química del nitrato de potasio.....	65
Figura 39 Exposición y canalización de la arteria carótida común. ....	67
Figura 40 Exanguinación por canalización de la arteria carótida.....	68
Figura 41 Recolección y medición del volumen final de sangre extraída.....	68
Figura 42 Cadáveres sumergidos en la solución de inmersión.....	72
Figura 43 Miembros pelvianos derecho e izquierdo luego de la disección.....	73
Figura 44 Almacenamiento de los miembros pelvianos.....	74

Figura 45 Medición de la flexibilidad muscular con goniómetro en la articulación genu de miembros pelvianos izquierdos y derechos. ....	76
Figura 46 Medición del perímetro del muslo con escrotímetro.....	77
Figura 47 Comparación de cadáver fresco con uno tratado mediante la técnica CFP - Soft Fix. ....	79
Figura 48 Superficie corporal antes del proceso de disección.....	81
Figura 49 Segundo plano de disección exposición de las fascias superficiales y tejido celular subcutáneo. ....	81
Figura 50 Tercer plano de disección reflexión de las fascias superficiales y glándula mamaria. ....	82
Figura 51 Diferentes planos de disección en miembro pelviano, región del muslo, fijado y conservado con el método en estudio. ....	83
Figura 52 Diferentes planos de disección en miembro pelviano fijado y conservado con el método en estudio. ....	83
Figura 53 Histología de las fibras musculares estriadas esqueléticas normales (tiempo 0, previamente a la perfusión). ....	91
Figura 54 Histología de las fibras musculares estriadas esqueléticas luego de los 7 meses de preservación (tiempo V). ....	92
Figura 55 Estructura del músculo estriado esquelético. ....	93
Figura 56 Histología del tejido conjuntivo de los tendones. ....	94

## RESUMEN

La Anatomía es considerada la más antigua y la base de todas las ciencias médicas constituyendo uno de los pilares fundamentales en la formación del futuro Médico Veterinario.

Esta ciencia requiere que la conservación de los especímenes de estudio mantenga las características originales lo más fidedignamente posible a los efectos de admitir comparaciones con nuevas observaciones que permitan el avance del conocimiento. Los métodos de conservación se han transformado entonces en una técnica indispensable en el estudio de esta ciencia.

Desde su descubrimiento, el formaldehído ha sido utilizado para la preservación de materiales dado que pueden almacenarse por mucho tiempo, no genera dificultades en el mantenimiento y es de un costo bajo. Sin embargo, la toxicidad y el efecto cancerígeno del formaldehído han generado la necesidad de investigar combinaciones de sustancias para reemplazarlo.

Otros métodos, como la plastinación, requieren de una infraestructura e insumos que tienen un costo elevado constituyendo ésta una limitante para su uso frecuente.

El Dr. W. Thiel desarrolló una técnica para conservar cadáveres humanos que conserva importantes características en los preparados, tales como la flexibilidad, la elasticidad, el volumen y el color de los tejidos y órganos, permitiendo que en el material conservado se puedan reconocer las estructuras sin alteraciones. Su fórmula contiene, si bien en bajas concentraciones, formaldehído, reduciendo riesgos para el operador pero no eliminándolos completamente.

En este estudio se analizó la aplicación y adaptación de la técnica de Thiel para su utilización en animales domésticos.

El objetivo de este trabajo de tesis fue evaluar la aplicación de la técnica de conservación de especímenes CFP-*Soft Fix* a conejos de raza Neozelandés, buscando una alternativa para la conservación de piezas anatómicas para el abordaje del estudio de la morfología y de la anatomía animal, que respete las normas de bioseguridad, sea de simple aplicación, sin necesidad infraestructura sofisticada y mantenga aceptablemente las características naturales del espécimen conservado.

Se utilizaron 20 conejos de la raza Neozelandés, que fueron procesados mediante esta nueva técnica denominada CFP-*Soft Fix*, para luego extraerles los miembros pelvianos, los que se conservaron de dos maneras diferentes. Se evaluó la eficacia de la técnica modificada mediante la determinación de parámetros tales como flexibilidad de

las articulaciones, elasticidad de los músculos, volumen muscular, color de los tejidos y presencia de contaminación fúngica y/o bacteriana. Además, se realizó un estudio histológico del tejido muscular y de los tendones.

Con el método CFP-*Soft Fix* se logró tanto la eliminación total del formaldehído de la fórmula, como la adaptación a animales domésticos.

La fórmula diseñada para el método CFP-*Soft Fix* resulta un producto no irritante y casi inodoro, que conserva el color, la flexibilidad y la plasticidad de los preparados muy similares a los del animal vivo, sin los efectos tóxicos del formaldehído.

El almacenamiento post-fijación más eficiente resultó ser el de bolsa de cierre hermético, a temperatura ambiente y sin líquido de conservación. Esta forma de conservación evita el uso de cantidades considerables de la solución de inmersión, facilitando el manejo del espécimen y reduciendo el costo sin modificar la flexibilidad de las articulaciones durante el tiempo de almacenamiento.

A través de la aplicación del método CFP-*Soft Fix* se obtienen piezas con una gran flexibilidad articular, buena elasticidad tisular y con un volumen muscular casi normal, a pesar de que la estructura histológica muscular parece haberse conservado. Las modificaciones microscópicas observadas en las muestras de músculo y de tendones, posiblemente podrían explicar su excepcional flexibilidad.

La verdadera proyección del método radica en el uso de estos especímenes conservados en aplicaciones en las que se requieren flexibilidad y durabilidad, extendiendo su utilización a grupos que no sean estudiantes de anatomía y/o cirugía. Algunas aplicaciones serían el entrenamiento en cirugía laparoscópica, la intubación traqueal, anestesia regional guiada con ecografía y punciones diagnósticas guiadas con ecografía.

Mediante la aplicación del método CFP-*Soft Fix*, el estudio de la anatomía podrá desarrollarse de forma segura y no solo basado en imágenes, permitiendo el abordaje de conocimientos y pudiendo utilizar métodos complementarios como la artroscopía, laparoscopía, endoscopía y el diagnóstico por imágenes, recalcando en los estudiantes la necesidad de un conocimiento detallado de la anatomía en un entorno clínico y facilitando el reconocimiento de estructuras y relaciones topográficas.

## ABSTRACT

Anatomy is considered the oldest and the basis of all medical sciences. It constitutes one of the fundamental pillars in the professional training of the future Veterinary Doctor.

This science requires that the conservation of the studied specimens maintains the original characteristics as reliably as possible in order to admit comparisons with new observations that allow the advancement of knowledge. Conservation methods have thus become an indispensable technique in the study of this science.

Since its discovery, formaldehyde has been used for the preservation of materials as they can be stored for a long time, it does not generate maintenance difficulties and it is low cost. However, the toxicity and carcinogenic effect of formaldehyde have generated the need to investigate combinations of substances to replace it.

Other methods, such as plastination, require an infrastructure and supplies that are a high cost, and hence they are a limitation on frequent use.

Dr. W. Thiel developed a technique to preserve human corpses that retains important characteristics in the preparations, such as flexibility, elasticity, volume and color of tissues and organs, allowing that in the preserved material the structures can be recognized without alterations. Its formula contains, but in low concentrations, formaldehyde, reducing risks for the operator without eliminating them completely.

In this study, the application and adaptation of the Thiel technique used in domestic animals was analyzed.

The objective of this thesis work was to evaluate the application of the CFP-Soft Fix specimen conservation technique to New Zealand breed rabbits, looking for an alternative for the conservation of anatomical pieces to the approach of morphology and animal anatomy study, which respects biosafety standards, would be simple to apply, without the need of sophisticated infrastructure and maintains acceptably the natural characteristics of the conserved specimen.

Twenty rabbits of the New Zealander breed were used. They were processed using this new technique called CFP-Soft Fix, so that their pelvic members were extracted and preserved in two different ways. The effectiveness of the modified technique was evaluated by determining parameters such as joint flexibility, muscle elasticity, muscle volume, tissue color and presence of fungal and / or bacterial contamination. In addition, a histological study of muscle tissue and tendons was performed.

With the CFP–Soft Fix method, the total elimination of formaldehyde from the formula was achieved, as well as the adaptation to domestic animals.

The formula designed for the CFP–Soft Fix method is a non-irritating and almost odorless product, which preserves the color, flexibility and plasticity of the preparations very similar to those of the live animal, without the toxic effects of formaldehyde.

The most efficient post-fixation storage proved to be that of an airtight closure bag, at room temperature and without conservation liquid. This form of preservation avoids the use of considerable amounts of the immersion solution, facilitating the handling of the specimen and reducing the cost without modifying the flexibility of the joints during the storage time.

Through the application of the CFP–Soft Fix method, pieces with great joint flexibility, good tissue elasticity and almost normal muscle volume are obtained, despite the fact that the muscular histological structure seems to have been preserved. The microscopic modifications observed in muscle and tendon samples could possibly explain its exceptional flexibility.

The true projection of the method lies in the use of these specimens preserved in applications where flexibility and durability are required, extending their use to groups that are not anatomy and / or surgery students. Some applications would be training in laparoscopic surgery, tracheal intubation, regional anesthesia guided by ultrasound and diagnostic punctures guided by ultrasound.

By applying the CFP–Soft Fix method, the study of anatomy can be carried out safely and not only based on images, allowing the approach of knowledge and being able to use complementary methods such as arthroscopy, laparoscopy, endoscopy and imaging diagnosis, emphasizing in students the need of detailed knowledge of anatomy in a clinical setting and facilitating the recognition of topographic structures and relationships.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### I.1 Introducción

La Anatomía como ciencia ha tenido un gran desarrollo a través de los años y es considerada la más antigua y la base de todas las ciencias médicas. Los primeros antecedentes sobre descripciones anatómicas tienen más de 3.000 años y se basan en escritos sobre anatomía humana.

La palabra Anatomía deriva del griego-ana = de arriba + tome = corte- por lo cual podríamos decir que Anatomía significa disección, es decir que la ciencia toma el nombre de la técnica que permite la observación del animal en sus distintas partes y regiones. Estas observaciones son registradas por distintos medios como la escritura, esquemas, dibujos, fotografías y filmaciones, pero es la pieza anatómica disecada la que constituye la prueba directa de esa observación.

El conocimiento de la Anatomía de los animales domésticos es uno de los pilares fundamentales en la formación del futuro Médico Veterinario, siendo indispensable la excelencia de la conservación de las piezas anatómicas para el abordaje de su estudio (Sisson & Grossman, 1984).

La preservación de cadáveres es un arte desarrollado a través del tiempo, que ha evolucionado y ha sido mejorado por las diferentes civilizaciones. Sus múltiples aplicaciones van desde la momificación en el antiguo Egipto, a la conservación de especímenes para museos, exhibiciones, educación, investigación, estudios anatomopatológicos, estudios forenses y reconstrucción, acondicionamiento y conservación de especímenes únicos.

La conservación de los especímenes de estudio requiere además que estos mantengan las características originales lo más fidedignamente posible a los efectos de admitir comparaciones con nuevas observaciones permitiendo el avance del conocimiento. Los métodos de conservación se han transformado entonces, en una técnica indispensable en el estudio de esta ciencia.

Algunos de los más modernos, como la plastinación, si bien mantienen las propiedades naturales del objeto conservado (Weber, Weiglein, Latorre, & Henry, 2007), requieren de una infraestructura y de insumos que tienen un costo elevado, constituyendo esto una limitante para su uso frecuente.

Desde el descubrimiento del formaldehído, se utilizó a esta sustancia para la preservación de materiales dado que pueden almacenarse por mucho tiempo, no

generándose dificultades en el mantenimiento y siendo éste una sustancia de bajo costo (Pulido Guerrero & Valderrama Sandoval, 2007).

En la actualidad, todas las técnicas de preservación tradicionales contienen, en mayor o menor medida, formol en su composición. Estas técnicas comprenden desde la formolización por inyección intravenosa, intramuscular e inmersión, hasta diferentes combinaciones como las soluciones fijadoras de tejidos: Kaiserling y sus variantes (Ferrer Cagigal, 1917); técnica de Laskowski (Moscol Gonzalez, 1983); técnicas del Museo de Anatomía de Rosario (Mignaco, Baetti, Ruiz, & Baldoncini, 2011).

Sin embargo, la toxicidad y el efecto cancerígeno del formaldehído han generado la necesidad de investigar combinaciones de sustancias que pudieran reemplazarlo en la fijación de los preparados anatómicos.

Además de los inconvenientes mencionados, las técnicas que contienen formol ocasionan la variación del color, una importante retracción y el endurecimiento de los tejidos, debiéndose agregar polietilenglicol para mejorar el aspecto y la flexibilidad de las piezas (König, Probst, Dier, & Sora, 2013).

El Dr. Walter Thiel en el año 1992 desarrollo un procedimiento que utiliza formol en muy bajas concentraciones para conservar cadáveres humanos. Entre sus ventajas se puede mencionar que mantiene las características naturales de los preparados tales como flexibilidad, elasticidad, volumen y color de los tejidos, permitiendo que en el material conservado se puedan reconocer las estructuras sin los cambios observados con las soluciones convencionales.

En base a todo lo expuesto, se considera que la adaptación y aplicación de la técnica de W. Thiel de conservación de especímenes, económica y que no utiliza formaldehído, a animales domésticos jugará un papel importante en la conservación de material anatómico en las ciencias veterinarias. Su aplicación y utilización en las condiciones de bioseguridad requeridas por las normas vigentes, posibilitará su uso corriente para el abordaje del conocimiento y comprensión de las ciencias morfológicas. Además, favorecerá el acercamiento al objeto de estudio, permitiendo un ámbito de trabajo libre de vapores potencialmente tóxicos y cancerígenos; y un mejor aprovechamiento de un material tan importante como lo son los preparados en el estudio de la anatomía.

## **I.2 Hipótesis de trabajo**

Para la planificación del presente estudio se formuló la siguiente hipótesis: la técnica de W. Thiel para la conservación de cadáveres humanos, modificada y trasladada a conejos raza Neozelandés, será efectiva para preservar piezas anatómicas de miembro pelviano de conejo, evitando su putrefacción y contaminación fúngica, conservando además características morfológicas de color, volumen, elasticidad y flexibilidad aceptables para los estudios anatómicos.

## **I.3 Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo de tesis fue evaluar la aplicación de la técnica de conservación de especímenes *CFP-Soft Fix* a conejos de raza Neozelandés, buscando una alternativa para la conservación de piezas anatómicas para el abordaje del estudio de la morfología y de la anatomía animal, que respete las normas de bioseguridad, sea de simple aplicación, sin necesidad infraestructura sofisticada, resulte económica y mantenga aceptablemente las características naturales del objeto.

## **I.4 Objetivos del trabajo**

En este estudio se pretendió analizar la aplicación y adaptación de la técnica de Thiel para su utilización en conejos de raza Neozelandés, reemplazando dos de sus componentes: el 4-cloro-3-metilfenol y el nitrato de amonio por Eugenol, nitrato de sodio y nitrito de sodio; como así también la eliminación del formaldehído. El reemplazo se propone porque ninguno de los dos compuestos se puede obtener libremente en nuestro país. El nitrato de amonio está bajo un riguroso control por parte del Registro Nacional de Armas (R.E.N.A.R.) debido a que es utilizado en la fabricación de balas y explosivos y el 4-cloro-3-metilfenol, utilizado como antifúngico, no se comercializa en el país.

## **I.5 Objetivos específicos**

En los miembros pelvianos conservados según la técnica *CFP-Soft Fix*:

1. Evaluar la fijación y preservación por observación directa de la ausencia de putrefacción en los sistemas neuromusculares del miembro pelviano.
2. Evaluar por simple observación la eficacia del Eugenol en el control del desarrollo fúngico.
3. Evaluar la forma más efectiva de conservación de los miembros pelvianos luego del procesamiento.

4. Evaluar la eficacia en el tiempo del método en cuanto al mantenimiento del color, el volumen, la flexibilidad y la elasticidad de los tejidos en general.
5. Medir la flexibilidad de las articulaciones y la elasticidad de los tejidos del miembro pelviano conservado.
6. Evaluar el mantenimiento del volumen muscular a través de la medición del perímetro muscular.
7. Evaluar la conservación del color de los diferentes tejidos por observación simple.
8. Evaluar la conservación histológica del tejido muscular y colágeno mediante un estudio histológico.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### II.1. Reseña de la conservación de cadáveres

Los procedimientos modernos de conservación de cadáveres se basan en las fórmulas de Jean-Nicolás Gannal, (Trompette & Lemonnier, 2009), médico cortesano francés del siglo pasado. Hasta entonces, se utilizaban mezclas artesanales más o menos inspiradas en los métodos más antiguos que consistían en untar, espolvorear, hacer macerar y, a veces, envolver los cadáveres eviscerados. Jean-Nicolás Gannal describe en su “Histoire des embaumements” (1841) las preparaciones heterocíclicas que se utilizaron para preservar los cadáveres de los reyes de Francia o miembros de su familia y que estaban conformadas por vinagre, trementina, aguardiente, sal y sustancias aromáticas de toda clase, que se utilizaban en cantidades abundantes y en forma anárquica. Jean-Nicolás Gannal tuvo la idea de reemplazar estas fastidiosas manipulaciones por una sencilla inyección arterial, que sería “evacuante, repletiva, antiséptica y conservadora”. La composición del fluido que se inyectaba fue modificada varias veces luego de muchos intentos y entre sus componentes se encontraban fosfato de calcio, nitrato de potasio, cloruro de sodio, alumbre y ácido de arsénico. Más tarde, cuando Jean-Nicolás Gannal vendió su patente a varios estados, su técnica fue mejorada y otros productos fueron agregados.

En Estados Unidos, durante la guerra de secesión, se perfeccionó El tratamiento para conservar a soldados muertos en acción y poder enviar los cuerpos a sus familiares. La inyección se practicaba en la arteria femoral y en la arteria carótida y se complementaba con drenaje venoso. La fórmula del líquido inyectado era una mezcla de fenol, sulfato de creosota, alumbre, acetato de plomo y sulfato o cloruro de cinc (Pulido Guerrero & Valderrama Sandoval, 2007).

Las técnicas actuales están inspiradas directamente en la utilizada por Jean-Nicolás Gannal y comprenden un tratamiento doble destinado a suspender la putrefacción y la autólisis cadavérica. La primera fase consiste en una inyección arterial y el drenaje venoso; la segunda trata las cavidades y consiste en el desagüe e inyección del tórax y abdomen.

Las técnicas para preservar los cuerpos que se utilizan desde hace mucho tiempo, incluyen desde métodos naturales, como la momificación o la congelación, hasta métodos artificiales, como la inmersión o la inyección arterial. El enfoque en el embalsamamiento anatómico, a diferencia del mantenimiento del aspecto físico para los

funerales, se basa en la preservación duradera de los tejidos. Se han utilizado muchas combinaciones diferentes de sustancias químicas, con componentes individuales que actúan, por ejemplo, como conservantes (para retener la estructura del tejido), desinfectantes (para detener la descomposición), tampones, agentes humectantes o tintes (Brenner, 2014).

Los cuerpos embalsamados tienen la ventaja de tener un riesgo mínimo de contaminación y de ser adecuados para un uso prolongado. Los procedimientos se hacen normalmente en un cuerpo completo, proporcionando una experiencia realista. Sin embargo, dependiendo del método utilizado para la conservación, ocurren cambios en la movilidad, el color o las dificultades en uso de los tejidos (Jaung, Cook, & Blyth, 2011; Hammer, y otros, 2014). En los cadáveres frescos o congelados, por otro lado, los cuerpos tienden a ser más realistas y flexibles. Entre sus desventajas se incluyen el corto período disponible antes del deterioro, la posibilidad de descongelación inadecuada y, si se utilizan partes del cuerpo separadas, la necesidad de que éstas se sujeten a un lugar para el procedimiento de disección y/o simulación un acto quirúrgico.

## **II.2. Formaldehído**

El formaldehído o metanal es un compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Su fórmula es HCHO o CH<sub>2</sub>O (PM=30,03) y es un gas incoloro de olor sofocante, muy soluble en agua. Su solución acuosa, habitualmente del 37 al 50%, es conocida como formol, formalina, aldehído fórmico o metanal, siendo esta solución la utilizada como conservante. El formaldehído actúa sobre los ácidos nucleicos mediante alquilación y sobre las proteínas por desnaturalización, produciendo en ellas una reticularización, es decir, un reemplazo masivo de puentes hidrógeno por puentes metálicos que altera la estructura helicoidal proteica (Pulido Guerrero & Valderrama Sandoval, 2007).

El formaldehído fue sintetizado por el químico alemán August W. Von Hofman (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2014), en el año 1878. Es a partir del año 1893 cuando se le reconoce una acción precipitante de las proteínas que las hace insolubles y al mismo tiempo impide la putrefacción, por lo que se lo comienza a usar como fijador de preparados histológicos y conservador cadavérico. Su gran capacidad de fijación y conservación sumado a su bajo costo, convierten a este producto en la base de la conservación de los preparados anatómicos. La formolización por inyección intravenosa, intramuscular e inmersión reemplazó a las mezclas de sustancias

cumpliendo con el postulado de Gannal: una sencilla inyección arterial que sería “evacuante, repletiva, antiséptica y conservadora”.

Desde su descubrimiento, se logró la producción de piezas anatómicas con resultados excelentes en lo que se refiere a evitar la putrefacción y conservación por largos periodos de tiempo. Sin embargo, estas ventajas se contraponen con la toxicidad y el efecto cancerígeno de este producto. Cuando se pretende conservar un cadáver por tiempo prolongado para fines académicos o didácticos, se requieren altas concentraciones de formaldehído, lo cual incrementa su riesgo de toxicidad para el operador (Denis Rodríguez, y otros, 2016).

### ***II.2.1. Toxicidad del formaldehído***

Su inhalación a bajas concentraciones produce irritación de la mucosa nasal mientras que cuando la exposición es a concentraciones entre 0.1-5 ppm, aparecen manifestaciones que son principalmente de tipo ocular y se caracterizan por una sensación quemante y de lagrimeo profuso. Cuando accidentalmente se salpica una solución acuosa del compuesto, se produce una severa irritación de los ojos y ocasionalmente puede presentarse un daño permanente de los mismos. Con 10 ppm se produce una sensación de asfixia, que puede llegar a procesos pulmonares tipo asmático, bronquitis e incluso edema de pulmón. La exposición a concentraciones de 50 ppm puede causar daños severos del tracto respiratorio superior, e inclusive la muerte si las concentraciones son muy elevadas y el tiempo de exposición es prolongado. (Pulido Guerrero & Valderrama Sandoval, 2007).

El formaldehído también es irritante de los tejidos cutáneos. Así, el contacto repetido con los tegumentos da lugar a eczemas y, en ocasiones, verdaderas úlceras, pudiendo motivar cuadros de sensibilización y dermatitis de tipo alérgico.

Pero, sin duda, la gran polémica sobre el formol surge a partir de 1979, con la publicación por el Instituto de Toxicología Química Industrial de EEUU (Sánchez Carpio, Andromaco, Páez, del Rosario Barello, & Pedernera, 2012) de uno de los primeros trabajos relacionados con la toxicidad del formaldehído, concluyendo que éste, en elevadas concentraciones y períodos de exposición prolongados, es capaz de inducir carcinoma escamoso en la mucosa nasal de ratas, alertando al mismo tiempo del posible riesgo que podría representar para la salud humana. Estos resultados fueron confirmados por múltiples autores (Berkj, 1987; Horvath, Anderson, Pierce, Hanrahan, & Wendlick, 1998). A partir de numerosos estudios, el formaldehído ha sido relacionado con diversas

patologías, tanto agudas (irritación de la piel y conjuntivas, dificultad respiratoria) como crónicas (dermatitis crónica, opacidad corneal, alteraciones respiratorias y renales crónicas). Además de las patologías citadas, merece una mención especial la relación existente entre el uso prolongado de formaldehído y la aparición de neoplasias malignas, especialmente hematológicas (Hayashi, y otros, 2016).

En la actualidad, la información toxicológica disponible ha llevado a la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de Lyon y a la Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales a considerar al formaldehído como probable genotóxico y carcinógeno humano.

### **II.3. Conservación de tejidos**

La conservación de cualquier estructura biológica requiere detener los procesos de autólisis y de putrefacción que ocurren luego de la muerte. Estos dos fenómenos son conceptualmente diferentes, pero están estrechamente relacionados entre sí. La autólisis es el proceso por el cual, después de la muerte, se produce la autodigestión enzimática al liberarse al citoplasma el contenido lisosomal. La putrefacción es el efecto ejercido por determinadas toxinas y enzimas bacterianas sobre los tejidos. Sobre ambos procesos influyen diversos factores que dependen tanto de la localización y de la naturaleza del tejido como de la temperatura y del pH del medio en que se encuentra. Los agentes responsables de estos cambios tienen dos orígenes: los que ya estaban albergados en el ser vivo y los provenientes del medio. Las bacterias endógenas de mayor importancia son las que conforman la flora digestiva (*Escherichia coli*, *Bacillus*, *Lactobacilos*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Streptococos* y *Enterococos*, *Estafilococo*) y proliferan con rapidez, sin otras limitaciones que las del medio nutritivo y el oxígeno. También se debe tener en cuenta a las enzimas provenientes de las bacterias en proceso de muerte, dado que se liberan al medio y son las principales responsables de la putrefacción.

El inicio de la autólisis de un cadáver se manifiesta primariamente en los intestinos y se detecta por la aparición de la llamada “mancha verde”, que aparece en el abdomen, se extiende progresivamente al resto de los tegumentos y va adquiriendo un tinte más oscuro. Por otra parte, la acumulación de gases en el intestino y en la cavidad peritoneal aumenta las dimensiones del tronco y un edema subcutáneo le imprime proporciones exageradas a las facciones.

Una de las formas de detener o bloquear la autólisis es utilizar fijadores químicos, que actúan desnaturalizando o insolubilizando a las proteínas tisulares y produciendo, por lo tanto, inactivación enzimática. Algunos de estos fijadores también impiden el crecimiento bacteriano, es decir, la putrefacción. Algunos aldehídos poseen un amplio espectro de actividad frente a las bacterias, hongos, micobacterias, esporas y virus. El formaldehído es, entre ellos, el mejor conocido y seguramente el más utilizado en desinfección.

El uso del formol en la fijación de cadáveres es un proceso complejo dado que se necesitan grandes tanques, que tienen que estar herméticamente cerrados para evitar la vaporización del formaldehído, y el uso del material requiere de un lavado previo con agua. Por las limitaciones en la calidad de estos preparados muchos anatomistas y patólogos comenzaron a formular soluciones conservadoras que incluyeran al formaldehído como fijador de tejidos, surgiendo así una importante cantidad de soluciones para la conservación de piezas anatómicas, entre ellas la muy conocida solución de Kaiserling (Ferrer Cagigal, 1917) compuesta por nitrito de sodio, acetato de potasio, formalina y agua destilada.

En la técnica Laskowski (Moscol Gonzalez, 1983), las sustancias en solución utilizadas son glicerina, alcohol 95°, ácido bórico y ácido fénico y se aplican por inyección intravenosa directa. En la técnica de Laskowski modificada, la solución se compone de acetato de potasio, nitrato de potasio, fosfato de potasio, sulfato de potasio, cloruro sodio, alcohol metílico, ácido fénico al 3%, glicerina y timol.

En ambas técnicas se debe sumergir previamente la pieza en formol al 15% durante 48 horas, lavar durante 6 horas y luego sumergir en la solución conservadora de 15 a 45 días, escurrir y colocar en vitrina.

Otra técnica innominada pero ampliamente difundida y utilizada por muchos anatomistas, hace uso de dos soluciones: la Solución A (acetato de potasio, nitrato de potasio, hidrato de cloral, formol 40%) y la Solución B (glicerina, alcohol 96°, timol). Las piezas se sumergen de 24 a 48 horas en la solución A, se lava en agua por 12 horas, luego se sumerge en alcohol 80° de 6 a 48 horas y por último en la solución B.

También existen las técnicas desarrolladas en el Museo de Anatomía de Rosario (Mignaco, Baetti, Ruiz, & Baldoncini, 2011) que utilizan las soluciones M.A.R. I y II. La M.A.R. I está compuesta por tres soluciones: solución 1 (formol 40%, nitrato de potasio, acetato de potasio, sulfato de potasio, fosfato de potasio, cloruro de sodio), solución 2 (metanol puro) y solución 3 (glicerina pura 2 vol. y metanol puro 1 vol.). En

esta técnica se coloca la solución 1 por inyección intravenosa y se mantiene el cadáver sin trabajar por 90 días. Luego se sumerge en la solución 2 (deshidratación y revelado) hasta que vire el color de la pieza, se sumerge en la solución 3 por 15 días y por último se escurre al aire y a temperatura ambiente. La M.A.R. II también está compuesta por tres soluciones: solución 1 (metanol, glicerina pura, formol 40 %, ácido fénico, amoníaco, acetato de potasio y nitrato de potasio), solución 2 (metanol o etanol puro) y la solución 3 (glicerina pura 2 vol., metanol 1 vol., acetato de potasio, nitrato de potasio, fosfato de potasio). La solución 1 se aplica por inyección intravenosa y se deja fijar por 15 días. Luego se sumerge en la solución 2 (deshidratación y revelado) hasta el viraje de color y se sumerge en la solución 3 por 12 hs aproximadamente.

Con la aplicación de todas las técnicas mencionadas anteriormente surgen problemas principalmente referidos a la conservación del color y a la retracción y el endurecimiento de los tejidos. Con relación a esto, una de las sustancias utilizadas para mejorar el aspecto y la flexibilidad de las piezas es el polietilenglicol (König, Probst, Dier, & Sora, 2013).

Hoy en día, el método más utilizado para la producción de especímenes anatómicos duraderos de enseñanza es el de plastinación (De Jong & Henry, 2007; Sora, 2007; Sui & Henry, 2007; Latorre & Henry, 2007). Sin embargo, y especialmente para la producción de material educativo duradero, se siguen investigando métodos más económicos y accesibles.

El polietilenglicol (PEG) se ha utilizado desde los años setenta para la conservación de especímenes anatómicos (Racek, 1974; Geymayer & Gütebier, 1979). La impregnación con PEG ofrece ventajas económicas y operativas en comparación con la plastinación, pero las muestras plastinadas presentan una mayor flexibilidad (Uhlmann, 1991).

Durante décadas, los cadáveres embalsamados han desempeñado un papel importante en la enseñanza de la anatomía a los científicos y médicos del futuro. La mayoría de los departamentos de anatomía usan un método tradicional de embalsamamiento con formaldehído, pero éste hace que los cuerpos sean muy rígidos, lo que limita su utilidad para procedimientos distintos de la disección. Un método de embalsamamiento más reciente desarrollado por Walter Thiel ha permitido a estos "maestros silenciosos" asumir un nuevo papel en la investigación y la enseñanza de la anatomía aplicada: actuar como modelos para la formación quirúrgica y la investigación médica (Wilkinson & Eisma, 2014).

Con la técnica de embalsamamiento originalmente propuesta por el anatomista austriaco Walter Thiel (Instituto de Anatomía de Graz, Austria) y denominada método Thiel Soft Fix o “Método del Cadáver Blando” (Thiel W, 1992), se lograron importantes avances en la conservación de cadáveres ya que se conservaron características en los preparados tales como la flexibilidad, la elasticidad, el volumen, y el color de los tejidos y órganos permitiendo que en el material conservado se puedan reconocer perfectamente las estructuras sin evidenciarse cambios drásticos de color, volumen, consistencia y evitando el endurecimiento que ocurre cuando se utilizan las soluciones convencionales. Por otra parte, la composición de la solución de W. Thiel utiliza preservantes distintos al formaldehído. De hecho, aunque lo contiene, su concentración es muy baja. Las soluciones utilizadas en esta técnica son dos, que son mezclas a base de agua con monoetilenglicol, nitrato de amonio, nitrato de potasio, sulfito de sodio, ácido bórico, 4-cloro-3-metilfenol (clorocresol), formalina y, en el caso de los fluidos de perfusión, también alcohol y morfolina (Thiel, 2002; Eisma, Lamb, & Soames, 2013). La ventaja de esta técnica es que permite otros usos potenciales de los cadáveres conservados tales como: disección, prácticas de maniobras clínicas (como intubación endotraqueal, sondajes, laparoscopia, etc.) (Prasad Rai, y otros, 2012), prácticas de nuevas técnicas quirúrgicas, prácticas de diagnóstico por imágenes como el reconocimiento de estructuras por tomografía, ecografía y radiografía (Karakitsios, y otros, 2012; Alberty, Filler, Schmäl, & Peuker, 2002).

Este nuevo método de preservación, desarrollado por Thiel en los años 90, produce cadáveres que son flexibles y preservados a largo plazo que se adecuan para la mayoría de las actividades actuales, brindando además nuevas posibilidades. El embalsamamiento de Thiel es todavía relativamente desconocido y poco utilizado (Benkhadra, y otros, 2010) pero en los últimos años ha aumentado el interés por él.

El método de conservación de Thiel utiliza diferentes soluciones, siendo el primer paso del proceso la perfusión, que se realiza poco después de la llegada del cuerpo al departamento de anatomía. Las soluciones se infunden simultáneamente, por una vía arterial (normalmente a través de la arteria ilíaca, femoral o braquial) y una vía venosa (normalmente a través del seno sagital superior o vena braquial) (Thiel, 2002). Después de esto, los cuerpos se sumergen en un tanque con solución conservadora durante al menos 4-6 meses, luego pueden almacenarse en una bolsa de plástico sellada hasta su uso, sin necesidad de refrigeración. Es una técnica diseñada para que los tejidos,

especialmente el muscular y tegumentario, conserven su textura y tonicidad pre-mortem (Hassan, Eisma, & Harry, 2014).

## **II.4. Descripción de la región anatómica en estudio: Miembro Pelviano de conejo**

### ***II.4.1. Significado del miembro pelviano en el aparato locomotor***

Los miembros pelvianos se organizan para servir como agentes propulsores durante la locomoción y, a tal efecto, los medios esqueléticos forman articulaciones que presentan ángulos marcados. Así, los músculos insertos en puntos esqueléticos estratégicos actúan, al contraerse, como poderosos extensores de estos ángulos logrando el efecto mecánico de la propulsión y sirviendo como importantes agentes sustentadores del miembro.

En éste, los músculos se agrupan en sistemas neuromusculares al servicio de las funciones básicas que desempeñan en el aparato locomotor. Se entiende como sistema neuromuscular al conjunto de músculos que se encuentran inervados por un mismo nervio (Sandoval & Agüera, 1988). Así se organizan sistemas neuromusculares para el aplomo anatómico y para la protracción.

El aplomo anatómico del miembro pelviano necesita no sólo del sistema neuromuscular específico sino también de otros músculos cuya extensión pasiva o contracción permanente permiten la suspensión de las articulaciones involucradas. La articulación coxal se mantiene en semiflexión durante la estación a expensas de poderosos músculos que arrastran o sujetan desde el raquis el trocánter mayor y de otros que, rodeando a este trocánter o al ísquion, suspenden la región de la rodilla, prolongando hasta aquí la acción enderezadora del dorso. Además, hay músculos tendinosos que van en caudal y en craneal de la pierna relacionando así las fosas supracondílea y extensora del fémur con el tarso y metatarso respectivamente.

Los músculos que fijan las articulaciones las cuales circundan realizan una acción combinada y sinérgica, garantizando la estabilidad del miembro durante la estación. Sin embargo, algunos de estos músculos intervienen también en procesos dinámicos, por ejemplo, el músculo tensor de la fascia lata participa en la protracción del miembro, mientras que los músculos bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso potencian la acción propulsora.

La protracción del miembro pelviano exige previamente la pérdida del apoyo, lo cual se produce por el impulso que ejerce el miembro del lado opuesto, esto se produce por la contracción del potente músculo cuádriceps femoral, quien simultáneamente arrastra

a todo el miembro en su oscilación craneal, cuya fase inicial va siempre acompañada de flexión y aducción. Por lo tanto, consideramos dos sistemas neuromusculares: el del nervio femoral que determina la elevación del muslo y consiguiente protracción, y el del nervio obturador esencialmente aproximador (aductor).

El impulso nervioso de estos músculos se realiza mediante las ramas terminales del gran nervio ciático (aplomador) que son los nervios tibial y peroneo, de ahí que se pueda establecer una continuación morfo funcional entre los sistemas aplomador y propulsor. El impulso propulsor se desencadena al contraerse combinadamente con los músculos aplomadores de la cara caudal de los miembros (glúteos, semimembranosos y semitendinosos). Estos últimos transmiten desde el raquis una actividad enderezadora, extendiendo las articulaciones que abarcan, acción que es complementada por este sistema sobre la articulación del tarso, actuando en la tuberosidad del calcáneo, importante punto de inserción.

#### ***II.4.2. Esqueleto del miembro pelviano***

El esqueleto del miembro pelviano está constituido por el esqueleto de la cintura pélvica (zoonoesqueleto), formado a su vez por el hueso coxal (que resulta de la fusión de tres huesos: el ilion, el isquion y el pubis), el esqueleto del muslo (stilópodo) que está representado por el hueso fémur, el esqueleto de la pierna (zeugópodo), constituido por los huesos tibia y fibula y un tercer hueso de naturaleza sesamoidea, la patela. También incluye al esqueleto del pie (autópodo), que se divide en los huesos tarso (basípodo), metatarso (metápodo) y dedo (acrópodo). Este esqueleto se articula firmemente a la columna vertebral mediante un cinturón completo y potente (Barone R, 1989).

##### ***II.4.2.1. Cintura pélvica (Cingulum membri pelvini)***

La cintura pélvica es constituida por tres piezas óseas en cada lado, una dorsal: el hueso ilion (Os ilium) y las otras dos ventrales: hueso pubis (Os pubis) cranealmente y el hueso isquion (Os ischii) caudalmente. Estos tres huesos convergen y se unen en el centro articular denominado acetábulo (Acetabulum) destinado a articularse con el hueso del muslo. Se fusionan en una sola pieza voluminosa e irregular: el hueso coxal (Os coxae). Esta última está unida a su vez con la del lado opuesto en la línea ventral media mediante una sínfisis isquio-púbiana. Así unidos, los dos huesos coxales conjuntamente el hueso del sacro, al que se articulan por su extremidad craneodorsal, conformando la pelvis. Ésta se completa con ligamentos y músculos albergando importantes órganos que pertenecen a los sistemas urinario, genital y digestivo.

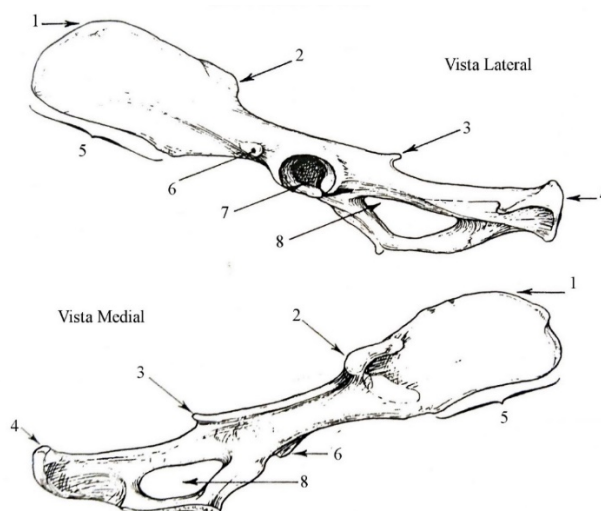
El *hueso coxal* (Os coxae) es alargado, en posición casi horizontal. El acetábulo se encuentra equidistante entre la tuberosidad isquiática (Tuber ischiadicum) y la cresta ilíaca (Crista ilíaca). La incisura acetábular (Incisura acetabuli) prácticamente se convierte en un foramen. La espina ciática (Spina ischiadica) es baja, sobresaliendo en su extremo caudal. La línea arqueada (Linea arcuata) es una cresta gruesa y corta. La espina ilíaca ventrocaudal (Spina iliaca ventralis caudalis) es gruesa y muy prominente.

El ala del ilion (Ala ossis ilii) es muy alargada y se articula con el sacro extendiéndose cranealmente de este, se ubica paralela al plano sagital medio. La superficie auricular (Facies auricularis), está localizada en la base del ala, debido al escaso desarrollo del cuerpo del ilion (Corpus ossis ilii), cercana del borde craneal del pubis. La cara glútea (Facies glutea) es ligeramente cóncava y posee una línea glútea dorsal (Linea glutea dorsalis). La espina ilíaca dorsocraneal (Spina iliaca dorsalis cranialis) es gruesa y tuberosa. La espina ilíaca dorsocaudal (Spina iliaca dorsalis caudalis) es prominente y detrás de ella la incisura ciática mayor es relativamente corta. La espina ilíaca ventrocraneal (Spina iliaca ventralis cranialis) se evidencia como una cresta larga, rectilínea y afilada, que ocupa la mayor parte del borde ventral. La cresta ilíaca es convexa. El cuerpo del ilion es corto, muy grueso, de sección prismática triangular.

La región isquiopúbiana es ancha y larga. El foramen obturador (Foramen obturatum) es relativamente grande, con forma de óvalo. El pubis es grueso y ancho, con una prominencia iliopúbica (Eminentia iliopubica) muy saliente. La incisura ciática menor (Incisura ischiadica minor) posee una eminencia en forma de espina. La tabla del hueso de isquion (Tabula ossis ischii) es corta en el lado medial, larga lateralmente. La tuberosidad isquiática es voluminosa, tricúspide, con una apófisis sobresaliente cráneo-lateral. La sínfisis pélvica (Crista symphysialis) es corta y el arco isquiático (Arcus ischiadicus) es ancho y muy profundo.

La cavidad pélvica es notablemente ancha, pero aplanada en la dirección dorsoventral.

Figura 1  
Hueso Coxal izquierdo del conejo.



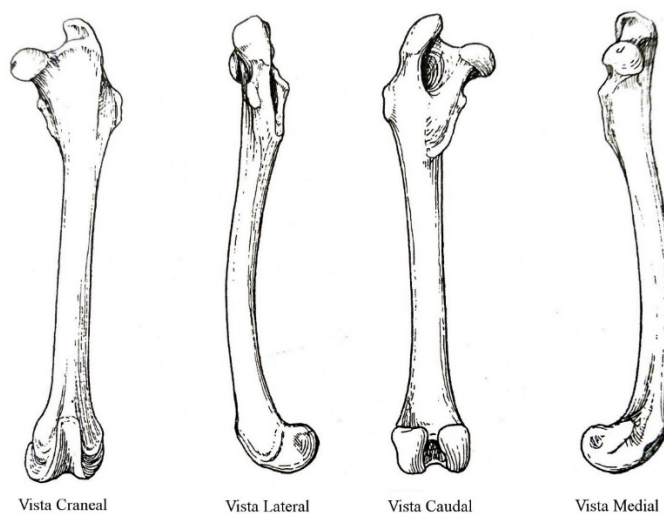
Referencias: 1- Espina iliaca dorso craneal, 2- Espina iliaca dorso caudal, 3- Espina Ciática, 4- Tuberosidad isquiática, 5- Espina iliaca ventro craneal, 6- Espina iliaca ventro caudal, 7- Acetabulo, 8- Foraman Obturador. Tomado de (Barone R, 1989)

#### II.4.2.2. Esqueleto del muslo

El esqueleto del muslo (Skeleton femoris) tiene un solo hueso: el fémur (Os femoris). Este es un hueso largo, asimétrico, articulado por su extremo proximal al acetábulo del hueso coxal y por su extremo distal a los huesos de la pierna. Tiene una dirección oblicua cráneoventral y ligeramente lateral.

El **hueso fémur** del conejo está ligeramente curvado en toda su longitud, con una convexidad craneal. El cuerpo está aplanado cráneo-caudalmente, generando una cara caudal ancha, delimitada por un borde lateral saliente, que comienza aproximadamente por un tercer trocánter (Trochanter tertius) ancho y prominente y por un borde medial que no está muy marcado. La cabeza femoral (Caput ossis femoris), es relativamente pequeña, esferoidal, con un cuello muy pequeño. El trocánter mayor (Trochanter major), es casi indiviso. El trocánter menor (Trochanter minor) constituye una cresta alargada y elevada. La fosa trocánterica (Fossa trochanterica) es muy profunda pero relativamente estrecha. Los cóndilos femorales (Condylus medialis y lateralis) son relativamente estrechos. La tróclea (Trochlea ossis femoris) es estrecha y alargada, con labios iguales. Hay huesos sesamoideos supracondíleos (Ossa sesamoidea m. gastrocnemii) que se corresponden a facetas supracondílea caudales (Facies articularis sesamoidea).

Figura 2  
Hueso del muslo, Fémur del conejo.



Tomado de (Barone R, 1989)

La **Patela** (Patella) es un hueso corto, ubicado craneal de la tróclea del fémur, con la que se articula. Recibe la inserción de todos los músculos craneales del muslo (extensores de la pierna) y transmite su acción a la tibia por un ligamento rotuliano.

#### II.4.2.3. Esqueleto de la pierna

La **Tibia** (Tibia) es el principal hueso de pierna, largo y uniforme, articulado por su parte proximal con los cóndilos del fémur, lateralmente con la fibula y por su extremo distal con la primera fila de huesos del tarso, esencialmente con el astrágalo. Tiene una dirección oblicua en la dirección distocaudal.

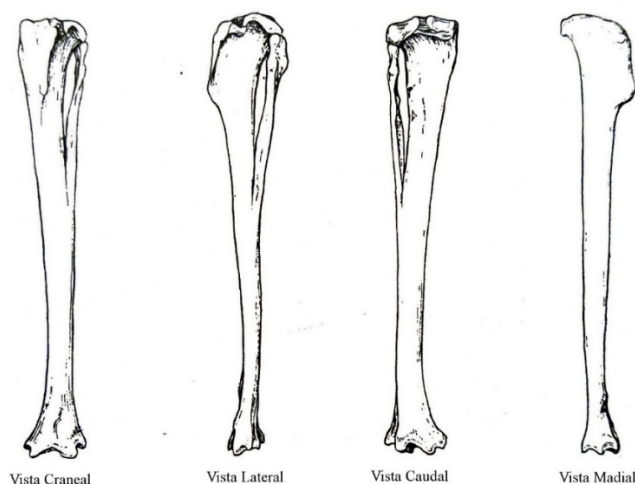
La tibia tiene una sección triangular en su parte proximal, pero está muy aplanada en la dirección cráneocaudal en su tercio distal. Se une por una articulación fibrosa temporaria con la fibula, en toda su mitad distal. La cresta tibial (Tuberositas tibiae) es prominente, su surco (Sulcus tuberositatis tibiae) ancho y profundo. El surco extensor (Sulcus extensorius) es bien marcado. La eminencia intercondílea (Eminencia intercondylaris) es baja y los cóndilos (Condylus medialis y lateralis) sobresalen de la superficie caudal. La extremidad distal presenta, los dos surcos habituales, donde lateral es más profundo, una faceta articular cóncava de craneal hacia caudal que se corresponde al calcáneo. Los maléolos son voluminosos, no sobresaliendo distalmente. El maléolo lateral (Malleolus lateralis) posee una espina que precede al surco maleolar.

La **Fíbula** (Fíbula) es el hueso lateral y accesorio de la pierna. Articulado por sus extremidades a la tibia, de la cual corre a lo largo del borde lateral, y distalmente se relaciona con el tarso.

La Fíbula está libre sólo en su mitad proximal. Su cuerpo es muy aplanado, con un borde craneal afilado y con una cara caudal. Su borde medial es un poco caudal. El extremo proximal se articula con el cóndilo lateral de la tibia.

Figura 3

*Huesos de la pierna Tibia y Fíbula del conejo.*



Tomado (Barone R, 1989)

#### II.4.2.4. Esqueleto del pie (Skeleton pedis)

El pie (Pes) es el autópodio del miembro pélvico, consta de tres partes: 1. el tarso (Ossa tarsi), formado por dos filas de huesos cortos; 2. el metatarso (Ossa metatarsalia II-V), formado por huesos metatarsianos, huesos largos colocados paralelos entre sí y 3. los dedos (Ossa digitorum pedis), cada uno representando tres falanges y colocados en la prolongación de los huesos metatarsianos y, la mayoría de las veces se completa con huesos pequeños sesamoideos.

El tarso es el primer segmento o basípodo del pie. Está compuesto por múltiples huesos, de los cuales los de la fila proximal son menos numerosos, pero mucho más grandes.

Los **huesos del tarso** (Ossa tarsi) están dispuestos en tres filas. La fila proximal consta de dos huesos relativamente grandes, el talus (Talus) medialmente y el calcáneo (Calcaneus) lateralmente; la fila intermedia comprende un único hueso tarsal central (Os tarsi centrale), mientras que la fila distal consta de tres huesos, los cuales se numeran siguiendo una secuencia mediolateral.

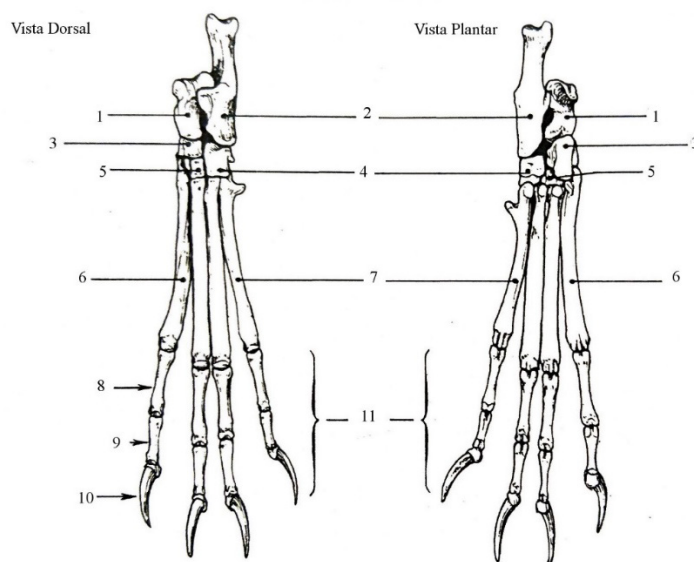
El Tarso tiene seis huesos. El Talus tiene una tróclea angosta. El calcáneo es muy grueso aplanado en la dirección dorsoplantar en su parte distal, se coloca lateralmente al talus. La superficie lateral tiene dorsalmente un relieve que se articula con el maléolo correspondiente.

El hueso tarso central, esta excavado en su superficie proximal, tiene en plantar una eminencia puntiaguda que desciende al metatarso.

La Fila distal se compone por el hueso tarsal IV (Os tarsale IV), presenta una superficie de inserción para el tendón del m. Peroneo largo. Presenta el hueso tarsal III (Os tarsale III) y el hueso tarsal II (Os tarsale II), está alojado en una muesca del hueso metatarsiano II.

Los **huesos metatarsianos** (Ossa metatarsalia II-V) son huesos largos, cada uno de los cuales, se corresponde proximalmente a la fila distal del tarso y en el extremo distal se relaciona con la falange proximal. El Conejo tiene solo cuatro huesos metatarsianos, el metatarsiano I ha desaparecido por completo. Son huesos rectilíneos, el más largo es el III, el II más grueso y el V más corto.

Figura 4  
*Huesos del Pie del conejo.*



Referencias: 1- hueso talus, 2- hueso calcáneo, 3- hueso tarso central, 4- hueso tarsal IV, 5- hueso tarsal III, 6- hueso metatarsiano II, 7- hueso metatarsiano V, 8- falange proximal, 9- falange media, 10- falange distal. Tomado de (Barone R, 1989)

Los dedos de los pies se conforman por tres falanges (*Ossa digitorum pedis*) cada uno, los cuatro dedos presentes tienen un desarrollo proporcional al hueso metacarpiano al que se articulan.

La **falange proximal** (Phalanx proximalis) está ligeramente curvada en su superficie palmar. Su extremo proximal tiene una superficie articular y dos tubérculos de inserción tendinosa. En el extremo distal, una garganta separa los dos cóndilos, formando con ellos una tróclea.

La **falange media** (Phalanx media) es proporcionalmente larga; está ligeramente curvada en la superficie dorsal, el extremo distal es voluminoso como el proximal.

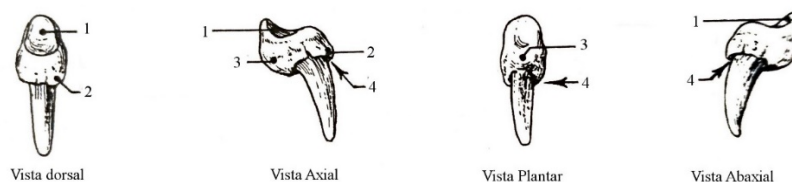
La **falange distal** (Phalanx distalis) es aplanada laterorateralmente, el proceso unguicular es curvado y puntiagudo. Su base tiene un surco unguicular (Sulcus parietalis) profundo, delimitado por una prominente cresta unguicular (Processus unguicularis). Estas dos formaciones se interrumpen en la superficie palmar por un tubérculo de inserción del tendón del músculo flexor digital profundo. Axial y abaxialmente de este tubérculo se encuentran los dos forámenes solares, axial y abaxial (Foramen soleare axiale y abaxiale). La superficie articular es más larga que ancha y en la superficie dorsal presenta un tubérculo de inserción que representa el proceso extensorio.

Los **huesos sesamoideos proximales** (Ossa sesamoidea proximalia) están presentes en todos los dedos y no hay hueso sesamoideo distal en ningún dedo. Además, hay un par de huesos sesamoideos dorsales (Ossa sesamoidea dorsalia) en la superficie dorsal de cada articulación metatarsofalángiana. Estos pequeños huesos son inconstantes.

El dedo II es casi tan largo como el dedo III y el tamaño disminuye bruscamente de este último al dedo V.

Figura 5

*Falange distal del dedo III del conejo.*



Referencias: 1- superficie articular, 2- cresta unguicular, 3- proceso flexorio, 4- surco unguicular. Tomado de (Barone R, 1989)

#### ***II.4.3. Articulaciones del miembro pelviano***

La **articulación intercoxal** (Symphysis pelvina) establece la unión entre los dos coxales mediante la sínfisis pelviana por oposición de las caras sinfisiarias del isquion y del pubis en la línea media. La sínfisis púbica es corta, especialmente desarrollada en su

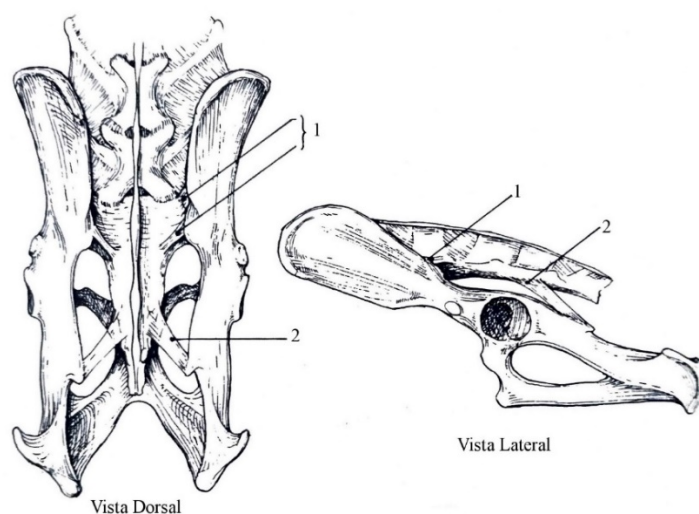
área púbica, debido a la delgadez de la tabla del isquion y la profundidad de la arcada isquiática. Es una articulación cartilaginosa, pues el medio de unión es la lámina fibrocartilaginosa intercoxal. La unión sinfisiaria se refuerza mediante un corto ligamento púbico craneal (Lig. pubicum craniale) que une el pecten del pubis con el opuesto y el ligamento del arco isquiático (Lig. arcuatum ischiadicum) que se extiende uniendo los dos bordes caudales del isquion.

La **articulación sacroiliaca** (Articulatio sacroiliaca) es una articulación del tipo sinovial, planiforme, y sus caras articulares están representadas por la cara articular del ala del hueso sacro, que es la más craneal y la cara articular de la superficie sacro pélvica del ilion, que se encuentra en una posición un poco más caudal por la prolongación del ala del ilion. Estas superficies articulares son curvadas y relativamente estrechas.

Los medios de unión están constituidos por: la cápsula articular, inserta en los contornos de las caras articulares correspondientes, el ligamento sacroiliaco ventral (Ligg. sacroiliaca ventralia) y los ligamentos sacroiliacos interóseos (Ligg. sacroiliaca interossea). El ligamento sacroiliaco dorsal (Ligg. sacroiliaca dorsalia) tiene una porción ancha y corta cuya inserción es en la primera apófisis transversa del sacro, y la porción más larga sólo se inserta en el segundo proceso transversal de sacro.

En caudal se encuentra un ligamento sacroespinal (Lig. sacroischiadicum) muy delgado y ancho, de tres a cuatro milímetros, que se extiende por el músculo coccígeo desde el tercer proceso transversal del sacro a casi toda la extensión de la espina ciática.

Figura 6  
*Articulación Sacro- iliaca del conejo.*

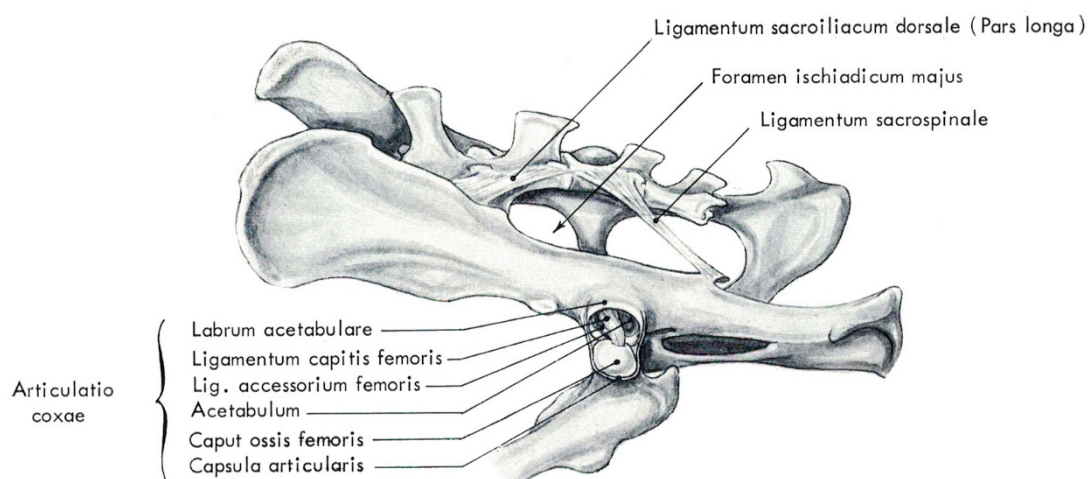


Referencias: 1- ligamento sacroiliaco dorsal, 2- ligamento sacroespinal. Tomado de (Barone R, 1989)

La **articulación coxal** (*Articulatio coxae*) es una articulación sinovial, del tipo esferoidal. Sus caras articulares están representadas por el acetábulo del coxal y la cabeza del fémur. El acetábulo es relativamente estrecho pero profundo. Su fosa es muy amplia, casi completamente rodeada por una superficie semilunar, la escotadura acetábular, muy estrecha, casi convertida en un foramen. La cabeza del fémur es relativamente pequeña, con un cuello grueso bastante corto, su fosa (fovea capitis) es estrecha.

Los medios de unión son: la cápsula articular, que es laxa pero resistente y sus fibras se tensan durante la extensión de la articulación, y el ligamento de la cabeza del fémur (*Lig. capitis ossis femoris*), que se extiende desde la fosa ligamentosa acetábular hasta la fosa de la cabeza del fémur. También presenta un ligamento accesorio (*Lig. accessorium ossis femoris*) que se va a insertar en el pecten del pubis.

Figura 7  
*Articulaciones Sacroiliaca y coxal del conejo.*



Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973).

La **articulación genu** (*Articulatio genus*), femorotibiorotuliana o rodilla es una articulación compuesta, conformada por la tróclea y los cóndilos femorales, los cóndilos tibiales y la patela. La rodilla está más aplanada lateromedialmente. La tróclea femoral es relativamente larga y estrecha, con igualdad de los labios. La fosa intercondílea y los cóndilos son estrechos, reclinados caudalmente y la eminencia intercondílea de la tibia es muy baja.

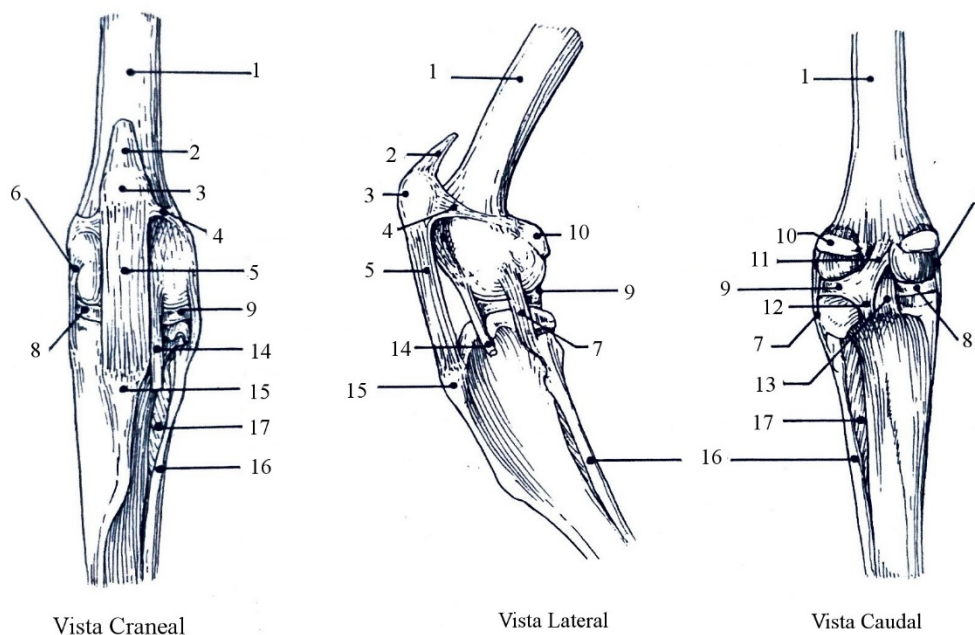
La articulación se subdivide en dos bloques morfofuncionales principales: la *articulación femorotibial* (Articulatio femorotibialis) y la *articulación femorrotuliana* (Articulatio femoropatellaris).

La *articulación femorotibial* es una articulación sinovial del tipo condilar. Presenta dos fibrocartílagos complementarios que ayudan a que los cóndilos femorales se adapten sobre los cóndilos tibiales, los meniscos femorales (Meniscus lateralis y medialis). Los medios de unión son los ligamentos colaterales lateral y medial (Lig. collaterale laterale y mediale) que vinculan los epicóndilos del fémur con los bordes de los cóndilos lateral y medial de la tibia. Está revestida por una amplia cápsula articular, cuya parte fibrosa es continua. La porción sinovial comprende dos sacos, uno medial y otro lateral, los cuales la mayoría de las veces no se comunican entre sí y dejan a los ligamentos cruzados (Lig. cruciatum craniale y caudale) fuera de la cavidad articular.

La *articulación femorrotuliana* es una articulación sinovial del tipo troclear. Sus caras articulares están representadas por la tróclea del fémur y la superficie articular de la patela. Los ligamentos femoropatellares (Lig. femoropatellare laterale y mediale) son muy amplios y relativamente fuertes, unidos a los huesos sesamoideos supracondilares. El ligamento patelar (Lig. patellae) es plano y ancho, siendo el tendón de inserción del músculo cuádriceps femoral, éste se inserta en la tuberosidad tibial como ligamento patelar medio único.

La *articulación tibiofibular* (Articulatio tibiofibularis proximalis y distalis), consta de dos articulaciones una proximal y otra distal, la proximal es sinovial está formada por la cabeza de la fibula y el borde del cóndilo lateral de la tibia con la cara articular fibular. Se diferencian dos pequeños ligamentos de la cabeza de la fibula craneal y caudal (Lig. capitis fibulae craniale y caudale) y la correspondiente cápsula articular. Y la distal es una juntura fibrosa temporaria donde se fusiona a la fibula desde la mitad del cuerpo de la tibia hasta el maléolo. A lo largo del espacio interóseo entre la tibia y la fibula hay una lámina de tejido fibroso que une los dos huesos, la membrana interósea (Membrana interossea cruris).

Figura 8  
Articulación de la rodilla izquierda del conejo.



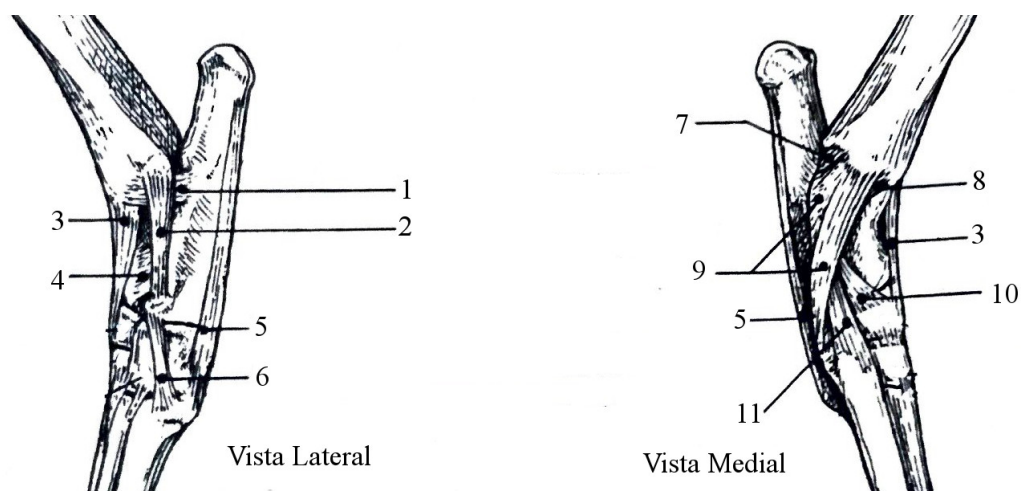
Referencias: 1- Extremo distal del fémur, 2- Fibrocartilago patelar, 3- Patela, 4- Ligamento femoropatelar lateral, 5- Ligamento patelar, 6- Ligamento colateral medial, 7- Ligamento colateral lateral, 8- Menisco medial, 9- Menisco lateral, 10- Huesos sesamoideos supracondilares, 11- Ligamento menisco femoral, 12- Ligamento transverso caudal lateral, 13- ligamento cruzado caudal, 14- Tendón del músculo extensor digital largo, 15- Tuberosidad tibial, 16- Fíbula, 17- Membrana interósea. Tomado de Barone R, 1989.

La **articulación del tarso** (Articulatio tarsi) comprende a la articulación tibiotarsiana (Articulatio tarsocruralis), a la articulación intertarsiana (Articulationes intertarseae) y a la tarsometatarsiana (Articulationes tarsometatarsae). La articulación tibiotarsiana es una articulación sinovial del tipo troclear. Dos fuertes ligamentos vinculan dicha articulación: el ligamento colateral lateral (Lig. collaterale tarsi laterale), que consta de un corto manojito profundo (Lig. collaterale tarsi laterale breve) que se prolonga desde el maléolo lateral de la tibia al calcáneo y la larga (Lig. collaterale tarsi laterale longum). El ligamento colateral medial (Lig. collaterale tarsi mediale), que forma dos manojos, uno corto (Lig. collaterale tarsi mediale breve) que va desde el maléolo medial de la tibia hasta el astrágalo (Pars tibiotalaris), hasta el sustentáculo del calcáneo (Pars tibioalcaneae), y hasta el hueso tarso central (Pars tibiocentralis). El otro manojito superficial (Lig. collaterale tarsi mediale longum) determinando así la porción tibio metatarsiana.

Las *articulaciones intertarsiana* y la *tarsometatarsiana* son de menor significado dinámico. Cabe destacar varios ligamentos bien desarrollados: el ligamento plantar (Lig. plantare longum), que fija el calcáneo al tarsiano V y a la base del V metatarsiano, y los que unen el tubérculo del astrágalo con los huesos centrales del tarso, tarsiano III y metatarsiano II y III.

Las *articulaciones intermetatarsianas* (Articulationes intermetarseae) son articulaciones pequeñas formadas entre las extremidades proximales de los huesos metatarsianos. Se hallan incluidas en la cápsula de la articulación del tarso. Los metacarpianos II al V se articulan entre sí en sus extremos proximales y se conectan mediante ligamentos interóseos (Ligg. metarsea interossea). Existen además los ligamentos dorsal y palmar (Ligg. metarsea dorsalia y plantaria), que unen los extremos proximales de los metacarpianos.

Figura 9  
*Articulación del tarso del conejo.*



Referencias: 1- Ligamento colateral lateral corto, 2- Ligamento colateral lateral largo, 3- Refuerzo dorsal de la capsula articular, 4- Ligamento colateral lateral corto profundo, 5- Ligamento plantar, 7 y 8- Ligamento colateral medial corto, 9- Ligamento colateral medial largo, 6 - 10 y 11- Ligamentos tarsometatarsianos. Tomado de (Barone R, 1989)

Las *articulaciones metatarsofalángiana* (Articulationes metatarsophalangeae) son articulaciones sinoviales del tipo condilar. Existen cinco articulaciones metatarsofalángiana. Cada una tiene su propia cápsula y ligamentos. Se destacan los fuertes ligamentos colaterales.

La *articulación interfalángiana proximal* (Articulationes interphalangeae proximales) es una articulación sinovial del tipo condilar. Las caras articulares están representadas por los cóndilos y el surco medio de la cabeza de la falange proximal y las

dos foveas y el relieve medio de la base de la falange media. Los medios de unión son los ligamentos colaterales laterales y mediales que se originan en las eminencias de la extremidad distal de la falange proximal y se insertan en las eminencias del extremo proximal de la falange media. Esta articulación permite los movimientos de flexión y extensión, y también algo de lateralidad.

La *articulación interfalángiana distal* (Articulationes interphalangeae distales) es una articulación sinovial del tipo condilar. Las superficies articulares son los cóndilos y el surco de la cabeza de la falange media, la cara articular de la falange distal, el borde articular de la falange distal y los medios de unión son los ligamentos colaterales lateral y medial. Los ligamentos dorsales elásticos, que se originan en proximal de la falange media se extienden hasta la cresta unguicular de la falange distal. Permite movimientos de flexión, extensión y lateralidad.

Existen tres ligamentos interdigitales que impiden que los dedos se separen: uno de ellos une entre sí palmarmente las articulaciones metatarsofalángiana de los dedos II y III, otra la de los dedos IV y V, y otra la de los dedos III y IV.

#### ***II.4.4. Dependencias fibrosas del miembro pelviano***

El nombre de fascia se le da a las membranas fibrosas que rodean los grupos de músculos o ciertos músculos aislados y su función es fortalecer sus contracciones u oponerse a su desplazamiento durante ciertos movimientos. En el tronco hay fascias importantes (fascia cervical, fascia toracolumbar, fascia ilíaca), pero en las extremidades es donde estas formaciones contenedoras presentan los rasgos más característicos. Constituyen grandes mangas cónicas que continúan desde un segmento del miembro al siguiente segmento simplemente cambiando el nombre.

La porción superficial de esta manga está separada de la piel por tejido conectivo denso que constituye la "fascia superficial", por debajo de la cual corren los vasos y los nervios superficiales. La porción profunda, en contacto directo con los músculos y, en ocasiones, dándoles inserción, entra en contacto con los huesos en ciertos lugares y está firmemente adherida a ellos. También emite los septos intermusculares, estos delimitan alojamientos separados para grupos musculares. Desdoblamientos de estos septos intermusculares albergan los paquetes vasculonerviosos más importantes. La parte distal, que continúa de segmento a segmento, generalmente cambia la textura en relación con las áreas articulares, en las cuales se engrosa. Estos refuerzos en forma de bridas transversales o retináculos mantienen a los tendones en su lugar.

La **fascia glútea** (Fascia glutea) es continuación caudal de la fascia toracolumbar sobre la región glútea, el músculo glúteo superficial y medio toman origen en su cara profunda. Se inserta en la cresta sacra media y espinas ilíacas. Se continúa con la fascia del muslo cuya porción lateral y craneal, muy densa, toma el nombre de fascia lata (Fascia lata). Además de recibir a su músculo tensor tapiza a los músculos cuádriceps y bíceps femoral y entre éstos emite un septo intermuscular medial que, después de envainar al músculo sartorio, penetra entre el vasto medial y el músculo aductor para fijarse a la cara medial del fémur.

La **fascia lata** cubre la cara cráneolateral del muslo y se inserta en el borde craneal del músculo bíceps femoral.

La **fascia ilíaca** (Fascia ilíaca) cubre la cara ventral de los músculos sublumbares.

La **fascia crural** (Fascia cruris) cubre a los músculos de la pierna y termina distalmente continuándose como fascia del pie (Fascia dorsalis pedis), fascia plantar (Fascia plantaris) y fascia de los dedos (Fascia digiti). Los retináculos flexores y extensores son refuerzos de las fascia crural y dorsal del pie.

Figura 10

*Fascias del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa, muslo y pierna. Vista lateral, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- Fascia glútea, 2- Fascia lata 3- Fascia crural (Imagen propia)

#### ***II.4.5. Sistemas neuromusculares del miembro pelviano.***

El **plexo lumbosacro** (plexus lumbosacralis) está constituido por las raíces de los nervios lumbares (Nervi lumbales) IV, V, VI, VII y la de los nervios sacros (Nervi sacrales) I y II. Debido al deslizamiento hacia craneal de la médula espinal, por desigual crecimiento longitudinal de la columna vertebral, los seis segmentos de origen de las raíces del plexo en la medula espinal quedan comprendidos entre los últimos cuatro segmentos vertebrales lumbares, siendo esta la causa por la que dichas raíces emergen oblicuamente por los correspondientes forámenes intervertebrales, al quedar estos más caudales. Por idénticas razones los troncos del plexo abordan también oblicuamente a los grupos musculares del miembro. El plexo lumbosacro es realmente todo un conjunto de ramas ventrales de nervios lumbares y sacros, más o menos conectadas (Sandoval & Agüera, 1988). De ahí que pueda subdividirse en un plexo lumbar (plexus lumbalis), del que no sólo derivan los troncos de los nervios femoral (N. femoralis) y obturador (N. obturatorius), sino los otros niveles más craneales relacionados con las paredes abdominales, así como un plexo sacro (plexus sacralis) en el que se integran los nervios pudendos (N. pudendus) y rectal caudal (Nn. rectales caudales), además del plexo se desprenden los nervios: nervio ciático (N. ischiadicus), nervio glúteo craneal (N. gluteus [glutaeus] cranialis), nervio glúteo caudal (N. gluteus [glutaeus] caudalis) y nervio cutáneo femoral caudal (N. cutaneus femoris caudalis) propio del miembro.

##### **II.4.5.1 Sistemas neuromusculares del miembro pelviano.**

El sistema neuromuscular del tronco ciático, por razones de su distribución topográfica y nerviosa se divide el sistema en tres grupos de músculos. El primer grupo corresponde a un conjunto de músculos pequeños y profundos en íntima relación con la articulación coxal a la cual ciñen en acción combinada. Ellos son: los músculos gemelos (Mm. gemelli), el músculo obturador interno (M. obturatorius internus) y el músculo cuadrado femoral (M. quadratus femoris).

El segundo grupo está formado por un conjunto de músculos más superficiales inervados por el nervio glúteo craneal. Excepto el músculo tensor de la fascia lata, todos actúan sobre el trocánter mayor del fémur, lo que contribuye a estabilizar la articulación coxal. Ellos son: el músculo glúteo profundo (M. gluteus profundus), el músculo glúteo medio (M. gluteus medius) y el músculo tensor de la fascia lata (M. tensor fasciae latae).

El tercer grupo corresponde a los músculos inervados por el nervio glúteo caudal. Toman su origen en la tuberosidad isquiática constituyendo un potente aparato suspensor. Incluye: el músculo glúteofemoral (M. gluteofemoralis), el músculo semimembranoso (M. semitendinosus), el músculo semitendinoso (M. semimembranosus), y el músculo bíceps femoral (M. biceps femoris).

Figura 11

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa y muslo. Vista lateral, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- músculo glúteo medio, 2- músculo glúteo superficial, 3- músculo glúteo femoral, 4- músculo tensor de la fascia lata, 5- músculo cuádriceps femoral (vasto lateral), 6- músculo bíceps femoral, 7- músculo semitendinoso. (Imagen propia).

El **nervio ciático** deriva de las ramas ventrales del último nervio lumbar y el primer sacro pudiendo también contribuir el VI lumbar y II sacro, corre por la incisura ciática mayor unido al nervio glúteo caudal, pasa sobre el origen del músculo glúteo profundo, gira ventralmente por el espacio que existe entre el trocánter mayor y la tuberosidad isquiática, y en su descenso por el muslo asienta entre el músculo bíceps femoral por

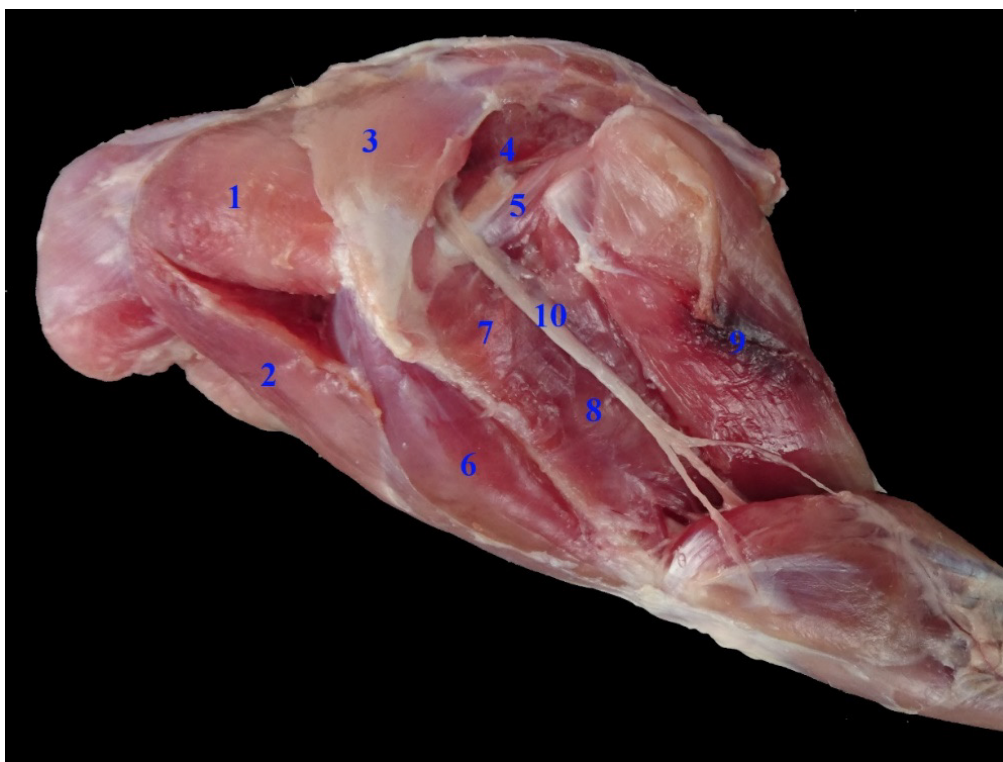
lateral y el músculo aductor, músculo semimembranoso por medial y músculo semitendinoso por caudal, y se continúa entre las dos cabezas del músculo gastrocnemio como nervio tibial.

El nervio glúteo craneal proviene de las ramas ventrales del último nervio lumbar y el primer sacro. Se divide en cuatro o cinco ramas que salen por la incisura ciática mayor e inerva a los músculos: tensor de la fascia lata, glúteo profundo y glúteo medio.

El nervio glúteo caudal deriva de las raíces sacras del plexo lumbosacro. Se divide en dos troncos que salen por la incisura ciática mayor por encima del nervio ciático. El tronco dorsal se divide en ramas que inervan a los músculos: bíceps femoral, porción caudal del glúteo medio y glúteofemoral. El tronco ventral se divide en nervio femoral cutáneo caudal y ramas para el músculo semitendinoso.

Figura 12

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la grupa y muslo. Vista lateral, disección profunda, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- músculo glúteo medio, 2- músculo tensor de la fascia lata, 3- músculo glúteo accesorio, 4- músculo obturador interno, 5- músculos gemelos, 6- músculo cuádriceps femoral (vasto lateral), 7- músculo aductor, 8- músculo semimembranoso, 9- músculo semitendinoso, 10- Nervio ciático. (Imagen propia)

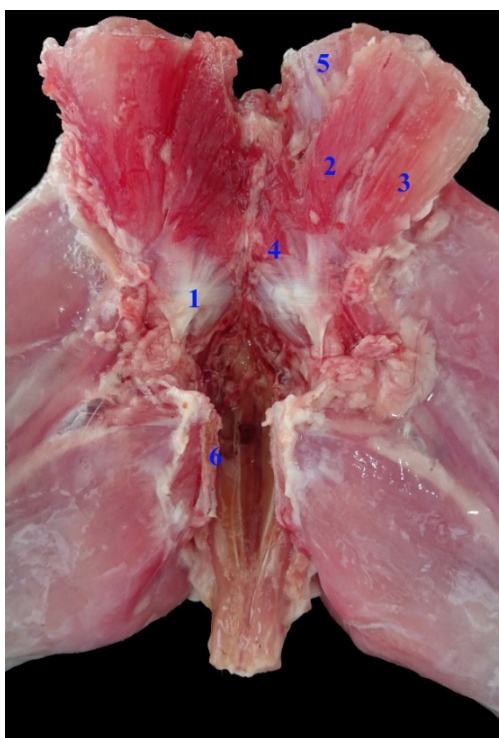
El sistema neuromuscular obturador tiene como función la de aproximación o aducción del miembro. Está constituido por el músculo obturador externo (M. obturatorius externus), el músculo pectíneo (M. pectineus), el músculo aductor (M. adductor) y el músculo gracilis (M. gracilis).

El nervio obturador inerva a los cuatro músculos anteriores. Se integra a partir de las raíces ventrales de los nervios espinales lumbares IV y V, desciende intrapélvico por la cara medial del íleon, pasa sobre el músculo obturador interno, surca el foramen obturador dando ramas al músculo obturador externo, al que perfora, así como para el músculo pectíneo ya fuera de la pelvis. El tronco continúa entre el músculo aductor y el músculo gracilis a los cuales inerva mediante sus ramas terminales craneal y caudal.

El sistema neuromuscular femoral actúa directamente en la protracción del miembro. Comprende varios músculos: el músculo articular coxal (M. articularis coxae), el músculo iliopsoas (M. iliopsoas) constituido por los músculos iliaco (M. iliacus) y psoas mayor (M. psoas mayor), el músculo cuádriceps femoral (M. quadriceps femoris) y el músculo sartorio (M. sartorius).

Figura 13

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región sublumbar. Vista ventral, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*

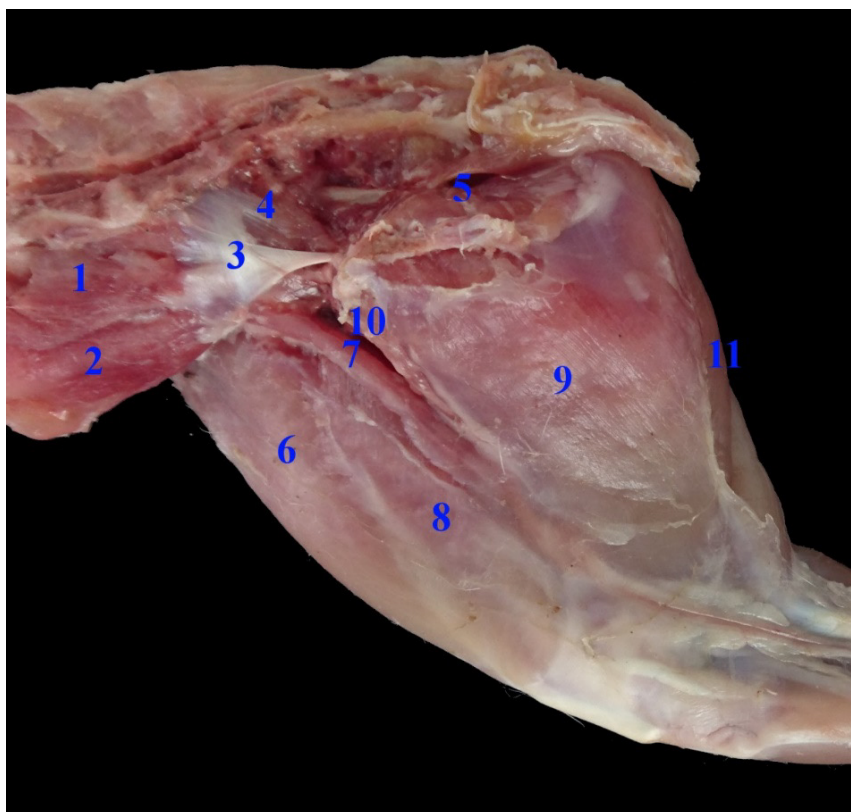


Referencias: 1- Fascia ilíaca, 2- músculo psoas menor, 3- músculo psoas mayor, 4- músculo iliaco, 5- músculo cuadrado lumbar, 6- sínfisis pelviana. (Imagen propia)

El **nervio femoral** inerva a los músculos anteriores. Nace de la parte craneal del plexo lumbosacro, V y VI raíz lumbar. Surca la pelvis entre la bifurcación de los dos músculos psoas, cruza la cara profunda del tendón del músculo psoas menor y desciende cubierto por el músculo sartorio sobre la porción terminal del músculo iliopsoas, al entrar en el muslo se sitúa entre el músculo sartorio y el músculo pectíneo. Emite al nervio safeno y luego penetra entre el vasto medial y el recto femoral para dividirse en numerosos ramos musculares para los componentes del músculo cuádriceps femoral. El ramo más importante del tronco es el nervio safeno con ramos cutáneos para cara medial del miembro desde la rodilla hasta el metatarso.

Figura 14

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones pelviana y muslo. Vista medial, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- músculo psoas menor, 2- músculo psoas mayor, 3- fascia iliaca, 4- músculo iliaco, 5- músculo obturador interno, 6- músculo tensor de la fascia lata, 7- músculo sartorio, 8- músculo cuádriceps femoral (vasto medial), 9- músculo gracilis, 10- músculo pectíneo, 11- músculo semimembranoso. (Imagen propia)

En la cara mediocraneal del muslo se forma un espacio intermuscular para el paso de importantes formaciones vasculonerviosas. Se inicia entre la región iliaca y el abdomen en forma de grandes aberturas ocupadas por la terminación del músculo iliopsoas delimitando la laguna muscular (Lacuna musculorum) y el trayecto de grandes vasos se

sitúa en la laguna de los vasos (Lacuna vasorum), está comprendido por el anillo femoral (Anulus femoralis) y lámina femoral (Lamina femoralis).

El anillo femoral queda limitado cranealmente por el ligamento inguinal, medialmente por el tendón prepúbico, caudalmente por el borde craneal del pubis y lateralmente por el tendón de inserción del músculo psoas menor.

El canal femoral (Canalis femoralis) a diferencias de otras especies está cubierto por el músculo sartorio y está limitado por craneal por el borde caudal del vasto lateral del músculo cuádriceps femoral, caudalmente por el músculo pectíneo y lateralmente por la inserción del músculo iliopsoas; medialmente sólo está cubierto en su origen por la lámina femoral (Lamina femoralis) y hacia distal por el músculo gracilis. Por el canal femoral transitan la arteria y vena femorales, el nervio safeno.

Figura 15

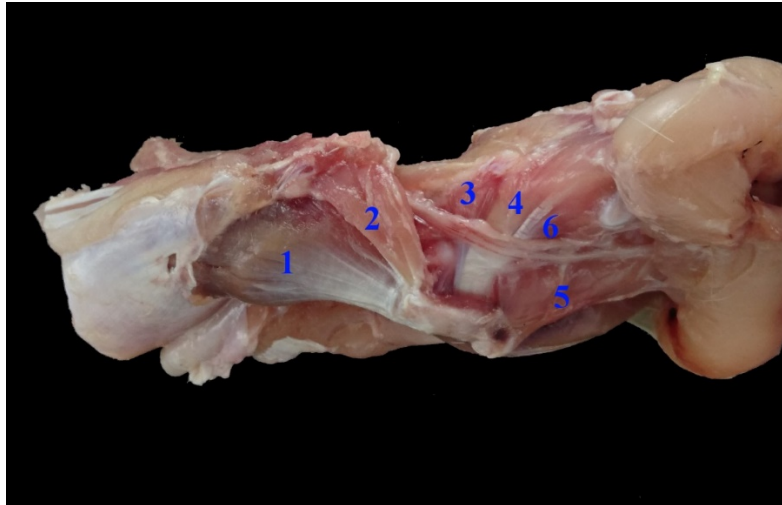
*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones pelviana y muslo. Vista medial, disección profunda, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- músculo pectíneo, 2 y 3- músculos aductores, 4- músculos semimembranosos, 5- músculo cuádriceps femoral (vasto medial), 6- músculo cuádriceps femoral (recto femoral), 7- músculo psoas mayor, 8- músculo iliaco. (Imagen propia)

Figura 16

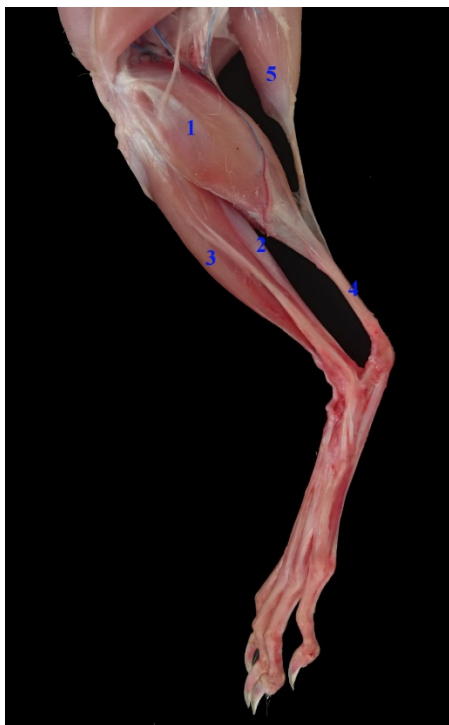
*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región de la grupa. Vista dorsal, disección profunda, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- músculo glúteo accesorio, 2- músculo glúteo profundo, 3 y 6- músculos gemelos, 4- músculo obturador interno, 5- músculo cuadrado femoral. (Imagen propia)

El sistema neuromuscular tibial desencadena el impulso propulsor al generar la contracción de los músculos del sistema que actúan sobre la articulación del tarso, particularmente en la tuberosidad del calcáneo, importante punto de inserción. Comprende a: el músculo poplíteo (M. popliteus), el músculo gastrocnemio (M. gastrocnemius), el músculo flexor digital profundo (Mm. flexores digitorum [digitalis] profundi) y el músculo flexor digital superficial (M. flexor digitorum [digitalis] superficialis).

Figura 17  
*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista lateral, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- Músculo gastrocnemio (cabeza lateral), 2- músculo flexor digital profundo, 3- músculo extensor digital largo, 4- cuerda femoro calcanea, 5- músculo semitendinoso. (Imagen propia)

Figura 18  
*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista medial, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*



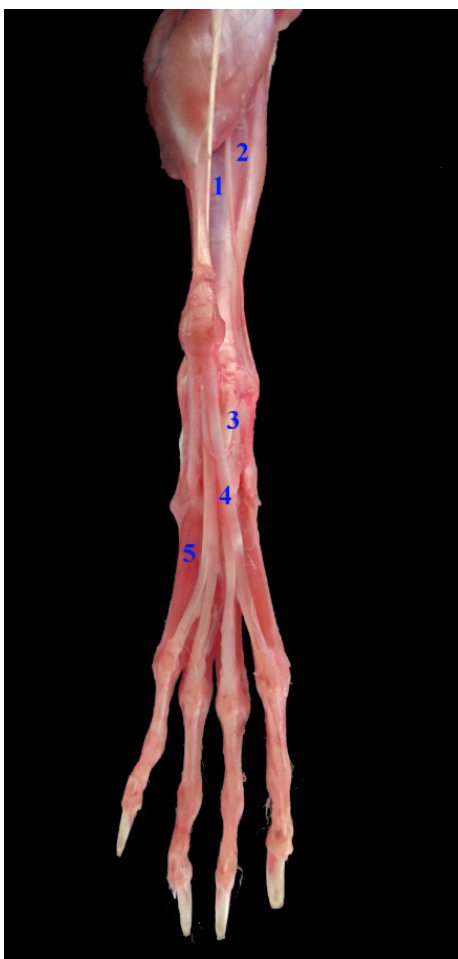
Referencias: 1- músculo tibial craneal, 2- músculo flexor digital profundo, 3- músculo gastronecmio (cabeza medial), 4- músculo semitendinoso, 5- tendon del músculo flexor digital superficial, 6- vientre del músculo flexor digital superficial. (Imagen propia)

El nervio tibial (N. tibialis) es la continuación directa del nervio ciático, proviene de las raíces sacras del plexo lumbosacro. Desprende importantes ramas proximales para los músculos bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso antes de separarse del nervio peroneo hacia la mitad del muslo. Emite el nervio cutáneo sural caudal (N. cutaneus surae caudalis distalis) para inervar la piel de esta cara de la pierna y después ramas musculares para los músculos del sistema y termina dividiéndose en los nervios plantares lateral y medial (N. plantaris lateralis y medialis) que se distribuyen en los dedos de la siguiente forma el nervio plantar lateral emite una rama profunda da origen a los nervios metatarsianos plantares (Nn. metatarsi plantares) II, III y IV,

continuándose como nervio digital plantar V abaxial (N. digitalis plantaris proprius V abaxialis). El nervio plantar medial (N. plantaris medialis) se divide en los nervios digitales plantares comunes (N. digitalis plantaris communis) II, III y IV dividiéndose estos proximalmente a la articulación metacarpofalangeana en nervios digitales plantares propios (N. digitalis plantaris proprius) axiales y abaxiales para cada dedo.

Figura 19

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región del pie. Vista plantar, disección profunda, (fijado y conservado con el método en estudio).*



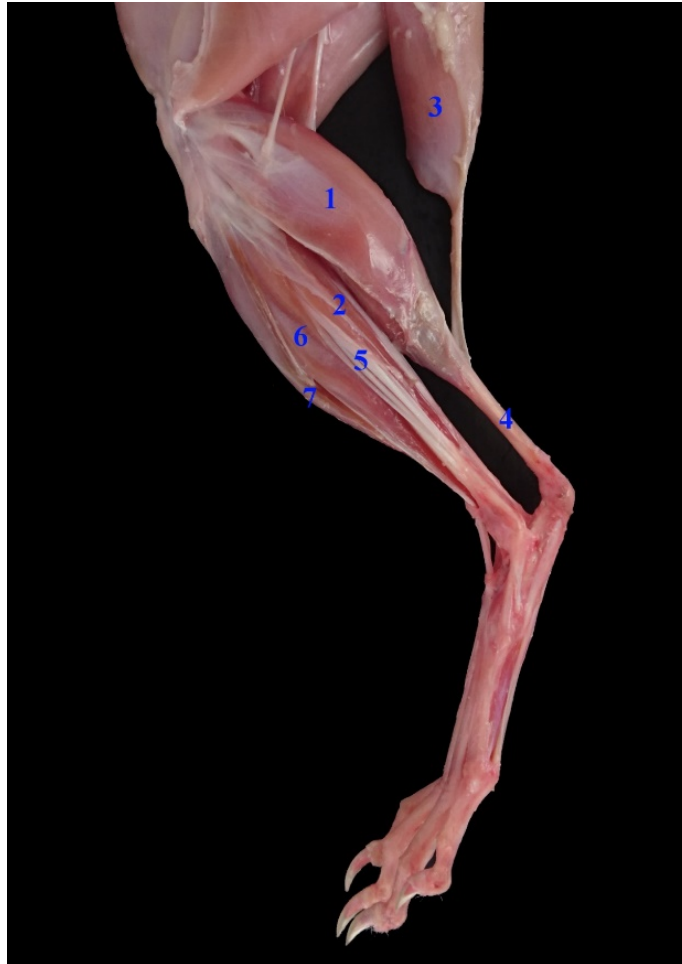
Referencias: 1- músculo flexor digital lateral, 2- músculo flexor digital medial, 3- tendón del músculo flexor digital profundo, 4- tendón del músculo flexor digital superficial, 5- músculo interóseo. (Imagen propia)

El sistema neuromuscular peronéo está constituido por un grupo de músculos ubicados en la cara dorsolateral de la pierna y pie. Ellos son: el músculo tibial craneal (M. tibialis cranialis), el músculo peronéo largo (M. fibularis [peroneus] longus) y músculo peronéo corto (M. fibularis [peroneus] brevis), y músculos extensores de los dedos IV y V (M. extensor digitorum [digitalis] lateralis IV-V), el músculo extensor

digital largo (M. extensor digitorum [digitalis] longus) y el músculo extensor digital corto (M. extensor digitorum [digitalis] brevis).

Figura 20

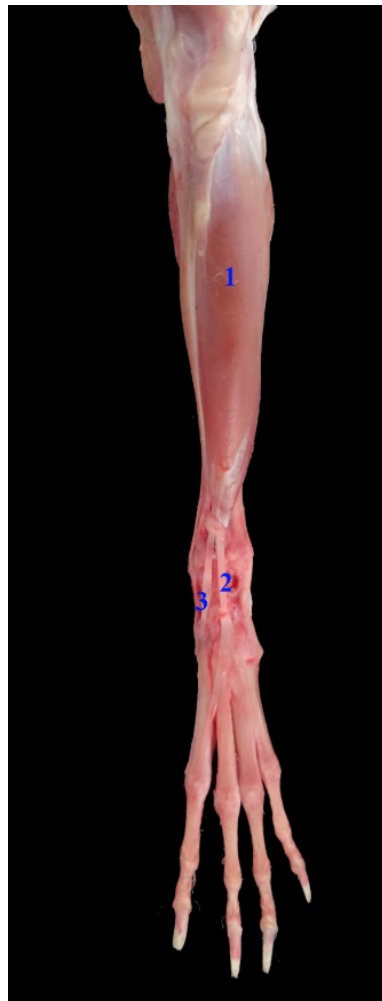
*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista lateral, disección profunda, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- Músculo gastrocnemio (cabeza lateral), 2- músculo flexor digital profundo, 3- músculo semitendinoso, 4- cuerda femoro calcanea, 5- músculos peroneos corto y largo, 6- músculo tibial craneal, 7- músculo extensor digital largo. (Imagen propia)

Figura 21

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Regiones de la pierna y pie. Vista dorsal, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*

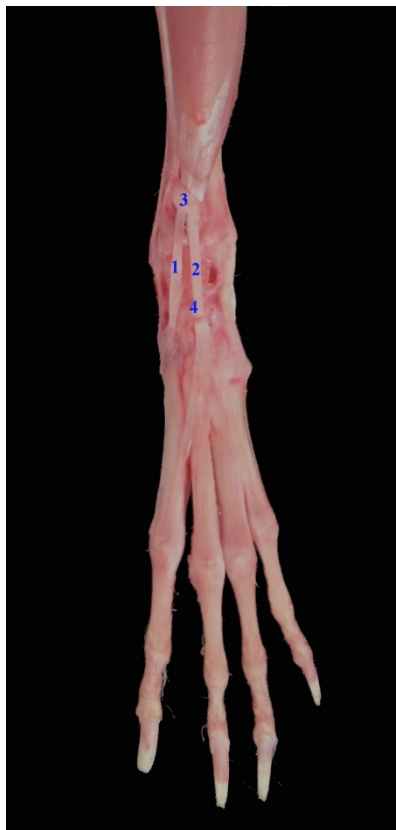


Referencias: 1- músculo tibial craneal, 2- músculo extensor digital largo, 3- tendón de inserción del músculo tibial craneal. (Imagen propia)

Los músculos citados están sujetos por los retináculos extensores sobre la cara dorsal del tarso. El retináculo proximal en extremidad distal de la tibia sujeta al músculo tibial craneal y el músculo extensor digital largo, este es de un espesor importante que lo hace muy visible en comparación a otras especies. El retináculo distal que sujeta solo al músculo extensor digital largo.

Figura 22

*Músculos del Miembro pelviano del Conejo. Región del pie. Vista dorsal, disección superficial, (fijado y conservado con el método en estudio).*



Referencias: 1- tendón de inserción del músculo tibial craneal, 2- tendón de inserción músculo extensor digital largo, 3- retináculo extensor proximal, 4- retináculo extensor distal. (Imagen propia)

El nervio peronéo (N. fibularis [peron(a)eus] communis) proviene de las raíces lumbares del plexo. Se desprende del nervio ciático cerca de la altura del trocánter mayor pero desciende junto con el tronco primitivo hasta el origen del músculo gastrocnemio, aquí se desvía craneal y lateralmente, cruza la cabeza lateral del músculo gastrocnemio por lateral del mismo cubierto por el músculo bíceps femoral y emite una rama superficial llamada nervio cutáneo lateral (N. cutaneus surae lateralis), luego se divide a la altura del origen de los músculos extensores digitales IV y V (sobre la cabeza de la fibula) en ramas superficial y profunda. El nervio peronéo profundo (N. fibularis [peron(a)eus] profundus) es la continuación del nervio peronéo, continúa hacia distal y se divide en el tarso en los nervios metatarsianos dorsales (N. metatarsus dorsalis) II, III y IV. El nervio peronéo superficial (N. fibularis [peron(a)eus] superficialis) termina ramificándose en nervios digitales dorsales comunes (N. digitalis dorsalis communis) II, III y IV, dividiéndose estos proximalmente a la articulación metacarpofalangeana en

nervios digitales dorsales propios (N. digitalis dorsalis proprius) axiales y abaxiales para cada dedo.

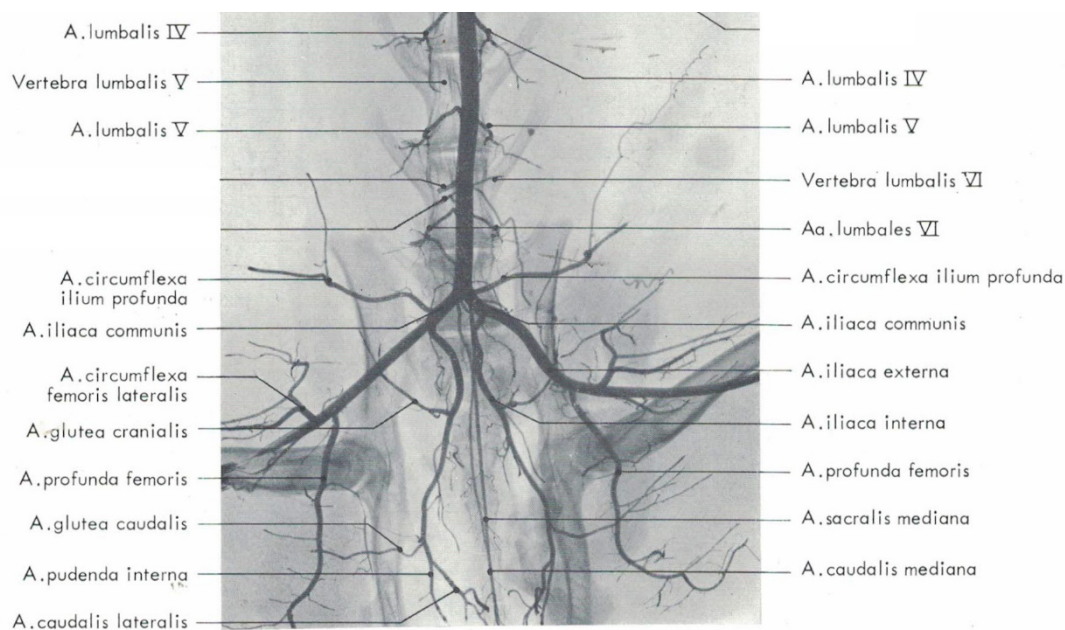
#### ***II.4.6. Sistemas arterial y venoso del miembro pelviano.***

La **arteria circunfleja ilíaca profunda** (A. circumflexa ilium profunda) no se origina desde la arteria ilíaca externa (A. ilíaca externa), sino desde la mitad de la arteria ilíaca común (A. ilíaca communis). Su rama craneal irriga una gran parte del flanco y borde adyacente de los músculos sublumbares. Se anastomosa con arteria abdominal craneal. La rama caudal, irriga al músculo tensor de la fascia lata, los ganglios linfáticos inguinales superficiales y la piel del flanco, la región inguinal y las partes craneales del muslo.

La **arteria ilíaca externa** (A. ilíaca externa) es más voluminosa que la arteria ilíaca interna, es continuación de la arteria ilíaca común. Emite solo dos colaterales, El tronco pudendoepigástrico (Truncus pudendoepigastricus), que generalmente nace poco antes de la arteria femoral profunda (A. profunda femoris); es muy corto, tiene solo dos o tres milímetros de largo. La arteria epigástrica caudal (A. epigastrica caudalis) corre a lo largo del borde lateral del músculo recto del abdomen y termina cercana al ombligo. La arteria epigástrica caudal superficial (A. epigastrica caudalis superficialis) se origina de la arteria femoral. La arteria femoral profunda (A. profunda femoris) al principio es voluminosa y se reduce a una rama insignificante luego de continuarse como la arteria circunfleja medial del muslo (A. circumflexa femoris medialis). Estas se distribuyen en los en la región caudal del muslo, limitándose a la mitad proximal de la región

La **arteria femoral** (A. femoralis) no es realmente superficial en el triángulo femoral, porque está cubierta en esta región por el músculo sartorio, cruza el borde medial del fémur que pasa entre las inserciones de los músculos aductores y semimembranoso. La arteria lateral circunfleja femoral (A. circumflexa femoris lateralis) del muslo nace casi al mismo nivel que la arteria femoral profunda. Su rama ascendente, está particularmente desarrollada, proporciona una rica irrigación al músculo tensor de la fascia lata. En su origen emite la arteria nutricia del fémur (A. nutricia ossis femoris), que elude la terminación del músculo iliopsoas para alcanzar el foramen nutricio, de ubicación muy proximal en esta especie.

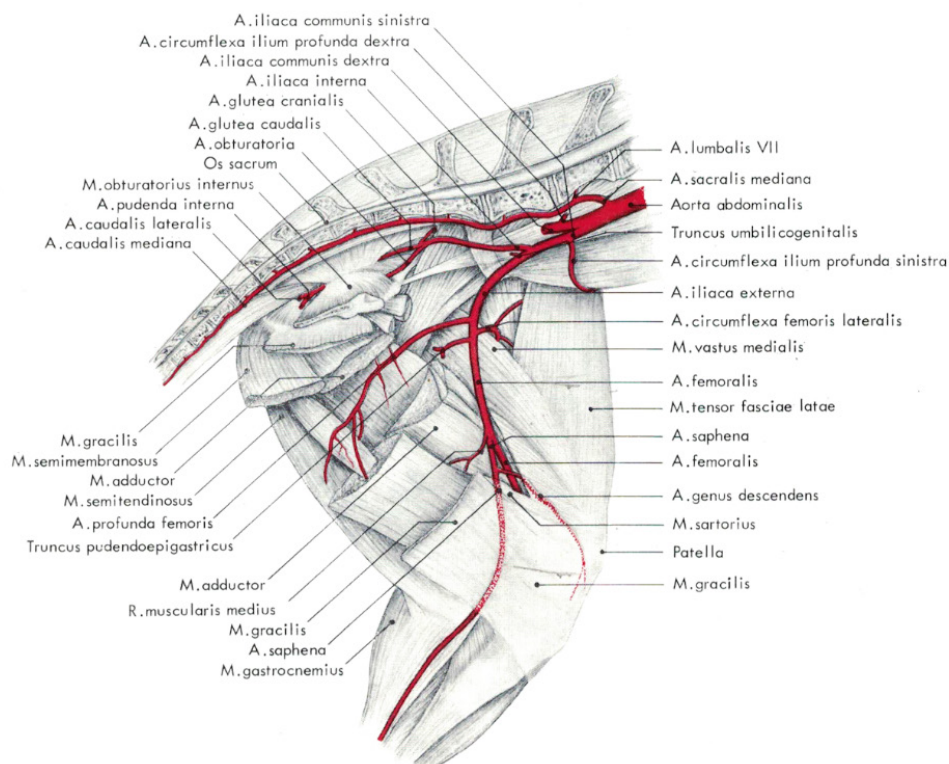
Figura 23  
Distribución de las arterias iliacas



Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973)

La **arteria safena** (*A. saphena*) nace distalmente o en la mitad del muslo. Es muy voluminosa y carece de rama craneal. Pasa entre los músculos semimembranoso y gracilis perforando la aponeurosis de este último para volverse superficial. Discurre separado por la vena safena medial de su nervio satélite, que es craneal, pasa hacia medial del músculo gastrocnemio y cerca del tendón calcáneo común se divide en dos arterias plantares medial y lateral (*A. plantaris medialis* y *lateralis*). Antes de llegar al tarso, emite una rama calcánea (*Rami calcanei*), que se une lateralmente con la rama descendente de la arteria femoral caudal distal (*A. caudalis femoris distalis*) y suministra una gran red al calcáneo (*Rete calcaneum*) en la región plantar tarsal.

Figura 24  
Distribución de las arterias en regiones pelviana y muslo



Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973)

La **arteria descendente de la rodilla** (A. genus descendens) nace al mismo nivel que la vena safena. Es voluminosa y proporciona ramas a la parte distal del músculo cuádriceps femoral antes de ramificarse en la articulación.

Las arterias caudales del muslo son dos las principales. Una es la **arteria femoral caudal proximal** (A. caudalis femoris proximalis) que está un poco por debajo de la mitad del muslo, uno o dos milímetros antes de la vena safena, irrigando a los músculos aductores y semimembranoso. Y la otra es la **arteria femoral caudal distal** (A. caudalis femoris distalis), se emite un poco por encima del músculo gastrocnemio, antes de dividirse. Su rama ascendente irriga la parte proximal de los músculos caudales del muslo y el ganglio linfático poplíteo. La rama descendente continua como el tronco principal, atraviesa oblicuamente la superficie de la cabeza lateral del músculo gastrocnemio, debajo del músculo bíceps femoral. Irriga a estos dos músculos y luego pasa al borde craneal del tendón del calcáneo.

La **arteria poplítea** (A. poplitea) es continuación de la arteria femoral, para finalizar su recorrido en el borde proximal del músculo poplíteo, dividiéndose en arterias tibial

craneal y caudal. Las arterias articulares principales provienen de un tronco común emitido en el borde cráneo lateral entre las cabezas del músculo gastrocnemio. Este tronco se divide luego de un corto trayecto en dos ramas muy desiguales. La más grande es la arteria lateral proximal de la rodilla (A. genus proximalis lateralis) que pasa entre el músculo bíceps femoral y el fémur corriendo paralela al vasto lateral músculo cuadriceps femoral (hasta su inserción en la rodilla), en una situación simétrica a la de la arteria descendente de la rodilla. La otra rama, menor y medial, es la arteria media de la rodilla (A. genus media), que se profundiza en el espacio intercondílar después de dar dos ramas muy finas para las articulaciones de los huesos sesamoideos supracondíleos. Las arterias distales de la rodilla son muy pequeñas. Las arterias surales (Aa. surales) son pequeñas se profundizan en la cabeza medial del gastrocnemio, y otra sigue su recorrido sobre el músculo flexor superficial. Las ramas surales proporcionadas por la porción proximal de la arteria tibial craneal completan esta irrigación.

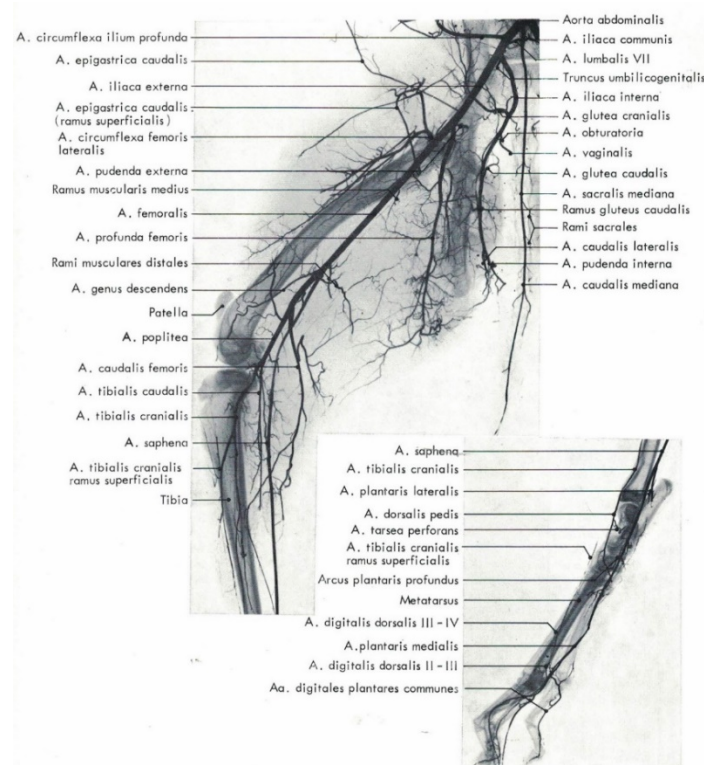
La **arteria tibial caudal** (A. tibialis caudalis) nace en el borde proximal del músculo poplíteo y pasa entre él y el músculo flexor digital largo. Emite una rama sural lateral que se distribuye a la cabeza lateral del músculo gastrocnemio y el flexor digital superficial, una rama sural medial para la cabeza medial del gastrocnemio, el músculo poplíteo.

La **arteria tibial craneal** (A. tibialis cranialis) continúa directamente de la arteria poplíteo. Discurre en contacto con la tibia debajo de las partes proximales de los músculos flexores digitales y luego se dirige al espacio interóseo de la pierna colocándose en el lado craneal de la sutura tibiofibular para descender luego entre la tibia y el músculo extensor digital largo, el tendón del cual se acompaña debajo del retináculo crural y hasta el tarso. A medida que atraviesa el espacio interóseo, emite una arteria craneal tibial recurrente (A. recurrens tibialis cranialis) la cual pasa sobre la articulación tibiofibular y proporciona ramas a los músculos peroneos antes de arquearse en la rodilla. La rama superficial de la arteria tibial craneal es muy voluminosa y se origina en la parte proximal del espacio interóseo. Se ubica entre la tibia y los músculos peroneos y entre estos últimos y el músculo extensor digital largo para superficializarse en la mitad de la pierna después de dar múltiples ramas a los músculos craneales de la pierna. Luego acompaña el tendón del músculo extensor largo de los dedos, pero cruza la superficialmente el retináculo crural y proporciona en el pie las arterias digitales dorsales comunes (Aa. digitales dorsales communes). En el extremo distal del espacio interóseo, emite la arteria interósea de la pierna (Ramus

interosseus), que llega a la superficie caudal de la sutura tibiofibular, a la superficie profunda del músculo flexor digital lateral. Las ramas maleolares (Rami malleolares) son muy delgadas.

Figura 25

*Distribución arterial del muslo, pierna y pie*



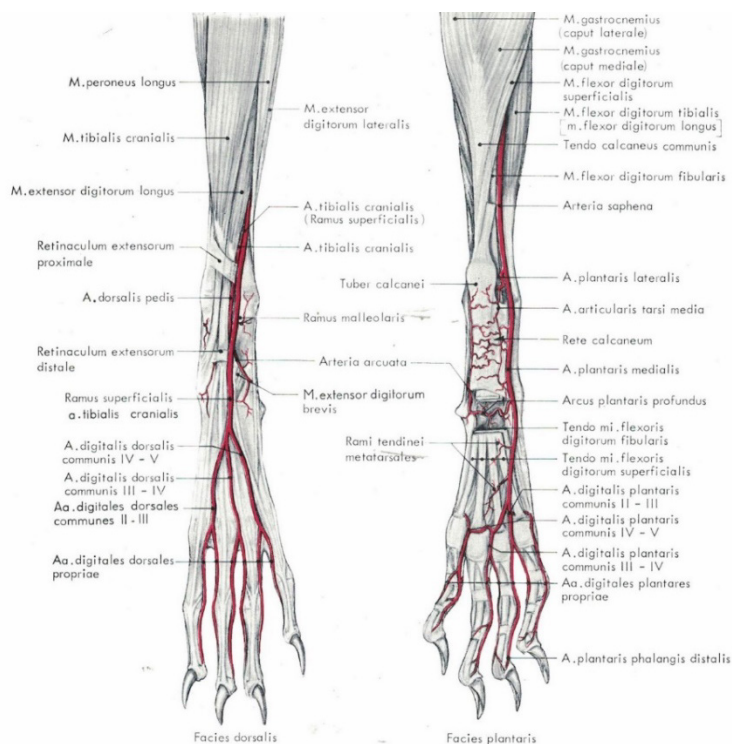
Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973)

Estas arterias del pie tienen un desarrollo casi igual en tanto en dorsal como en plantar. Los de la superficie plantar provienen solo de la arteria safena. Esta da, en el sustentáculo del talus, una **arteria plantar lateral** (A. plantaris lateralis) débil carente de una rama superficial pero que proporciona numerosas ramas tarsales antes de alcanzar el arco plantar profundo proximal (Arcus plantaris profundus). Continúa más allá de la emisión como la **arteria plantar medial** (A. plantaris medialis), que cerca de su origen emite una rama tarsal medial (Ramus profundus) profunda que va hacia el arco plantar profundo proximal. Luego continúa con una gran rama superficial (Ramus superficialis), considerada como el segmento terminal de la arteria safena. Esta rama divide un poco más distal en las **arterias digitales plantares comunes II y V** (Aa. digitales plantares communes II-V) y las **arterias abaxiales plantares de los dedos II y V** (Aa. digitales plantares propriae). Proporciona la forma de Ramitas múltiples para los tendones de los músculos flexores de los dedos y sus apéndices. Desde el arco

plantar profundo proximal se originan las arterias metatarsianas plantares II - V (Aa. metatarsae plantares II-V).

Las arterias de la superficie dorsal de pie están dispuestas en dos planos. La rama superficial de la arteria tibial craneal continúa hacia la parte proximal del metatarso y se divide en tres **arterias digitales comunes dorsales II, III y IV** (A. digitalis dorsalis communes), de las que se desprenden las **arterias digitales dorsales propias** (Aa. digitales dorsalis propriae). La **arteria pedal dorsal** (A. dorsalis pedis) atraviesa oblicuamente en dirección distolateral la superficie dorsal del tarso, por debajo de los tendones de los músculos extensores. No están presentes las arterias tarsales lateral y medial, son reemplazadas por divisiones de la arteria safena en el calcáneo y especialmente las arterias plantares. Por otro lado, emite una arteria tarsal perforante (Ramus perforans proximalis) que pasa entre las dos filas de huesos del tarso para unirse al arco plantar profundo proximal (Arcus plantaris profundus). Al llegar a la porción proximal del metatarsiano, se continúa, como **arteria metatarsiana dorsal II** (Aa. metatarsae dorsales), que pasa por la cara lateral del tarso y por debajo de los tendones de los músculos peroneos y se une a la Rama profunda de la arteria plantar medial para formar el arco plantar profundo distal.

Figura 26  
*Distribución arterial del pie*



Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973)

Las venas más voluminosas del pie están en la superficie dorsal. Las **venas digitales dorsales propias** (Vv. digitales dorsales propriae) se continúan como tres venas comunes digitales (Vv. digitales dorsales communes) que abocan a las venas metatarsianas dorsales (Vv. metatarsae dorsales). Las **venas digitales comunes III y IV** corren acompañando tendones, la **vena digital común II**, es el origen de la vena safena lateral (V. saphena lateralis [parva]), la cual se continua en la pierna cruzando la extremidad lateral de los retináculos extensores con la rama superficial de la arteria tibial craneal. Las venas metatarsianas dorsales, conducen a un arco dorsal profundo (Arcus dorsalis profundus). Reforzado por la rama perforante proximal III (Ramus perforans distalis III), luego del borde medial del arco dorsal profundo, se desprende la vena tibial craneal (V. tibialis cranialis).

Las **venas digitales plantares comunes** (Vv. digitales plantares communes), se unen debajo de la fascia superficial, en tercio distal de los huesos metatarsianos, en un arco plantar superficial (Arcus plantaris superficialis). En medial, se desprende superficialmente la **vena plantar medial** (V. plantaris medialis); Lateralmente, se origina la vena safena lateral (V. saphena lateralis [parva]). Las **venas metatarsianas plantares** (Vv. metatarsae plantares) terminan formando el arco profundo plantar (Arcus plantaris profundus), que se comunica a través de la rama perforante III con el arco dorsal profundo. Este arco da el origen profundo de la vena plantar medial (V. plantaris medialis) y su otro extremo se comunica con la vena plantar lateral. La vena plantar medial se superficializa plantar del tarso y para anastomosarse a la vena plantar lateral, de esta confluencia nace así de la vena safena medial (V. saphena medialis [magna]).

Las venas superficiales se disponen de forma compleja en el miembro pelviano. La vena safena medial se origina detrás del maléolo medial por la unión de las venas plantares, cruza la arteria safena y se coloca en su borde craneal, corre medial de la parte distal del músculo gastrocnemio y a este nivel, se desprende un ramo anastomótico (Ramus anastomoticus cum V. saphena lateralis [parva]) que cruza oblicuamente la superficie caudal de este músculo para unirse a la rama caudal de la vena safena lateral. Luego continúa su curso junto la arteria safena para abocar a la vena femoral al tercio distal del muslo.

La **vena safena medial** (V. saphena medialis [magna]) está formada por dos orígenes, corre siguiendo el borde craneal del músculo gastrocnemio. El origen craneal, se forma por la confluencia de las venas digitales dorsales comunes. Y el origen caudal

es en el arco plantar superficial (*Arcus plantaris superficialis*). Se coloca craneal al tendón calcáneo común, realizando una primera anastomosis con la vena safena medial y luego se une con al origen craneal para continuar su recorrido lateralmente y pasar al borde caudal del músculo gastrocnemio. Antes de llegar a los músculos caudales del muslo, se divide en dos ramas. Una sigue el músculo gastrocnemio abocando en la vena femoral caudal distal (*V. caudalis femoris distalis*). La otra, más voluminosa, vena femoral caudal proximal (*V. caudalis femoris proximalis*) permanece superficial y recibe la anastomosis que le proporciona la vena safena medial. Corre a lo largo del borde caudal del músculo bíceps femoral, realizando una anastomosis con la vena femoral circunfleja medial (*V. circumflexa femoris medialis*) y finalmente se desliza por debajo del músculo bíceps femoral para abocar a la vena glútea caudal (*V. glutea [glutaea] caudalis*) después de que recibe a la vena lateral de la cola (*V. caudalis [coccygea] lateralis*).

Venas profundas son: la **vena tibial craneal** (*V. tibialis cranialis*) se extiende por dorsal del pie pasando por debajo del Retináculo extensor, en compañía de la arteria homónima. La **vena tibial caudal** (*V. tibialis caudalis*) no es muy desarrollada se anastomosa en el origen con la vena safena medial corre caudal del músculo poplíteo. La **vena poplíteo** (*V. poplitea*) es continuación de la vena tibial craneal y se ubica entre el músculo poplíteo y la tibia. Recibe en el borde proximal del músculo la vena tibial caudal y entre los cóndilos femorales las venas de la rodilla (*V. genus descendens*).

La **vena femoral** (*V. femoralis*) se sitúa en el borde craneal de la arteria homónima y está cubierta por el músculo sartorio. La vena femoral caudal distal (*V. caudalis femoris distalis*) se une justo antes de que pase contra la inserción distal del músculo aductor mayor con la vena femoral profunda (*V. profunda femoris*) se continúa directamente con la vena circunfleja medial del muslo (*V. circumflexa femoris medialis*). Así drenan la mayor parte de los músculos caudales del muslo.

La **vena ilíaca externa** (*V. ilíaca externa*) puede recibir en su origen a los dos componentes de la vena pudendoepigástrica (*V. pudendoepigastrica*) (debido a que la misma generalmente no está presente), cerca de la vena cava caudal (*V. cava caudalis*), también recibe la vena iliolumbar (*V. iliolumbalis*), cuyas raíces acompañan a las ramas de la arteria homónima.

No hay una vena ilíaca común, las venas ilíacas externa e interna están siempre separadas (Barone R, 1989).

La **vena coccígea media** (V. caudalis [coccygea] mediana), aboca en una de las venas ilíacas internas. También hay una vena coccígea lateral (V. caudalis [coccygea] ventrolateralis) de la cola en cada lado, que drena a la vena glútea caudal (V. glutea [glutaea] caudalis).

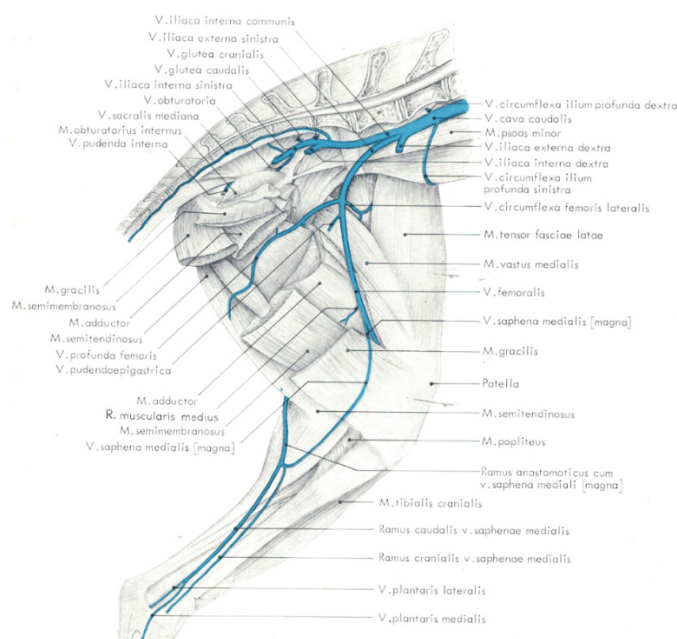
La **vena ilíaca interna** (V. ilíaca interna) es larga y tiene como afluentes a las venas: prostática (V. prostatica) o vaginal (V. vaginalis), obturadora (V. obturatoria) y glútea craneal (V. glutea [glutaea] caudalis). La vena obturadora es pequeña y corre a lo largo del borde medial de la arteria homónima. En la primera vértebra sacra da origen a la vena cava caudal. La vena glútea caudal es mucho más desarrollada que la arteria homónima, recibe la rama anastomótica de la vena safena lateral, luego de esto recibe a la vena pudenda interna (V. pudenda interna).

La **vena glútea craneal** (V. glutea [glutaea] cranialis), voluminosa, suele ser doble, las dos divisiones que flanquean la arteria homónima.

La **vena cava caudal** (V. cava caudalis), se origina debajo del extremo caudal de la primera vértebra sacra por la confluencia de las dos venas ilíacas internas. Se dilata abruptamente bajo la última vértebra lumbar por la contribución de las dos venas ilíacas externas.

La **vena circunfleja ilíaca profunda** (V. circumflexa ilium profunda) aboca a la vena cava caudal.

Figura 27  
*Distribución de las venas del miembro pelviano*



Tomado de (Barone, Pavaux, Blin, & Cuq, 1973)

## II.5. Sustancias que componen las soluciones de conservación en estudio.

### II.5.1. Eugenol

Las plantas son fuente de numerosas sustancias bioactivas que son beneficiosas y de las mismas se obtienen aceites esenciales. A lo largo de los años éstos se han utilizado como agentes antimicrobianos naturales por el hecho de inhibir el desarrollo de un gran número de microorganismos y causar mínimos efectos colaterales (Baskaran, Periyasamy, & Venkatraman, 2010).

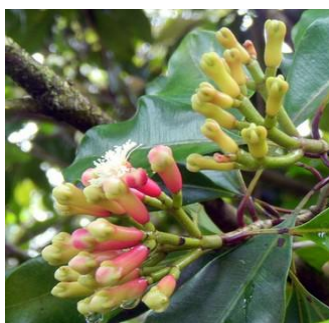
El clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) es una de las hierbas más importantes en la medicina tradicional y el Eugenol comercial se obtiene por la destilación del vapor y el refinamiento del aceite de la yema del clavo de olor.

Figura 28  
*Clavo de olor (Syzygium aromaticum)*



Tomado de: *Syzygium aromaticum*, Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen y Midori - Clove, *Syzygium aromaticum*, North Sulawesi, Indonesia

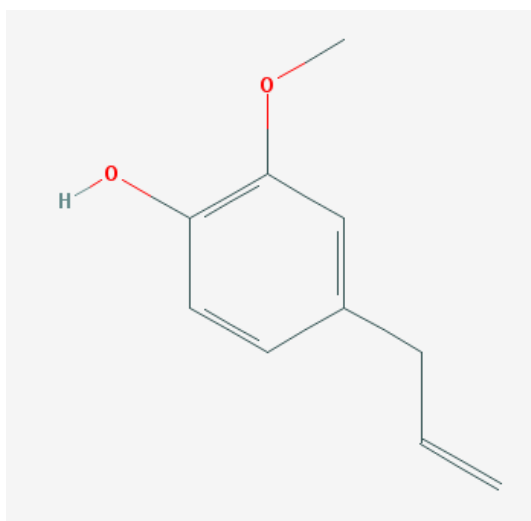
Figura 29  
*Yema de Clavo de olor*



Tomado de: <http://aceites-esenciales.org/aceite-esencial-de-clavo/>

El Eugenol [2-metoxi-4-(2-propenil) fenol], es el principal químico constituyente del aceite de clavo de olor y se ha usado por décadas en odontología por sus importantes propiedades analgésicas, antiinflamatorias y antibacterianas (Guenette, Beaudry, Marier, & Vachon, 2006). Es una molécula notablemente versátil, incorporada como ingrediente funcional en varios productos. Es de color amarillo pálido con un aroma picante agradable como el olor de las hojas de laurel, estando presente también en los aceites esenciales de canela, laurel, albahaca y nuez moscada. Comercialmente se presenta como un líquido de coloración amarillenta y altamente volátil, de aroma y sabor característicos (Kamatou, Vermaak, & Viljoen, 2012). Generalmente, el Eugenol se aísla del aceite de clavo de olor, ya que la concentración en él es alta, de hasta un 74,3% (Zheng, Kenney, & Lam, 1992).

Figura 30  
*Estructura química del Eugenol*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=3314, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3314>.

El Eugenol fue aislado por primera vez en 1929 y su producción comercial comenzó en 1940 en los Estados Unidos (Kamatou, Vermaak, & Viljoen, 2012). También puede ser producido sintéticamente. El uso comercial del Eugenol es variado, siendo empleado en productos insecticidas, en la conservación de alimentos, en el área cosmética, odontológica y en la de la producción de vainilla artificial (Renault, y otros, 2011).

Sus acciones farmacológicas comprobadas incluyen efectos antimicrobianos, antiinflamatorios, analgésicos, antioxidantes y actividad anticancerígena, pero se destaca por su excelente acción antifúngica y antibacteriana (Parodi, y otros, 2012). Se han reportado también numerosas actividades biológicas del Eugenol, incluyendo actividad

antiparasitaria, antinociceptiva, antitumoral, neuroprotectora, como inhibidor de la enzima monoaminooxidasa (Barbosa H. A., 2017) y larvicida, siendo una alternativa interesante en combatir al mosquito transmisor del dengue (Barbosa, y otros, 2012). Se ha comprobado que tiene actividad anticancerígena contra varios tipos de neoplasias y que tiene un excelente efecto inhibidor contra numerosas líneas celulares de cáncer (Bendre, Rajput, Bagul, & Karandikar, 2016).

La característica hidrofóbica del Eugenol permite su incorporación a la membrana citoplasmática de los microorganismos, alterando la permeabilidad de la membrana y resultando en su rompimiento, extravasación de contenido intracelular y consecuentemente, muerte celular (Devi, Nisha, Sakthivel, & Pandian, 2010; Gill & Holley, 2006). Otro probable mecanismo de acción antimicrobiano del Eugenol se relaciona con la supresión, por la hidroxilación fenólica, de enzimas localizadas en la superficie de la membrana que son responsables de catalizar la síntesis de polisacáridos esenciales para la estructura microbiana (Li, y otros, 2015).

La acción antibacteriana del Eugenol fue descrita contra varias especies patógenas, como *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus sakei* y *Helicobacter pylorii* (Hemaiswarya & Doble, 2009). También mostró ser altamente activo contra especies de *Cándida*, siendo un agente efectivo en la profilaxis y tratamiento de la candidiasis vaginal (Cortés Rojas, Souza, & Oliveira, 2014).

La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) ha declarado que el Eugenol es seguro y está considerado como no carcinogénico ni mutagénico por la International Agency for Reserach on Cancer (IARC). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) especificaron su límite de absorción permitido por día para los seres humanos hasta 2,5 mg/kg de peso corporal (Bendre, Rajput, Bagul, & Karandikar, 2016).

La información toxicológica disponible es la que brinda la ficha de datos de seguridad en su apartado 11.1:

- Toxicidad aguda: DL50 Oral - rata - > 2.000 mg/kg;
- Corrosión o irritación cutáneas: en conejo no irrita la piel;
- Lesiones o irritación ocular graves: en conejo irrita los ojos;

- Sensibilización respiratoria o cutánea, ensayo in vivo en ratón: puede provocar una reacción alérgica en la piel.

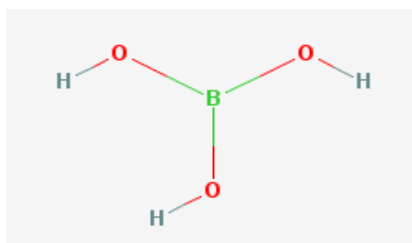
### II.5.2. Ácido Bórico

El ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), ácido orto-bórico es un compuesto ligeramente ácido, se encuentra en la naturaleza en pocas cantidades en el agua de mar, árboles y frutas pero posee fuerte presencia en zonas volcánicas. Puede aparecer en forma de cristales transparentes incoloros e inodoros o gránulos blancos o en polvo, ligeramente untuoso al tacto (O'Neil, 2006).

El ácido bórico es usado como antiséptico, insecticida, ingrediente en muchos abonos foliares, conservador de alimentos y precursor de otros compuestos químicos. Es usado también como agente tampón para la regulación del pH.

Figura 31

*Estructura química del ácido bórico*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=7628, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7628>.

El ácido bórico fue preparado por primera vez por Wilhelm Homberg (1652-1715) a partir del bórax (tetraborato sódico decahidrato), por la acción de ácidos minerales, y se le dio el nombre de sal sedativum Hombergi ("sal sedante de Homberg"). Sin embargo, los boratos, incluido el ácido bórico, se han utilizado desde la época de los griegos para la limpieza, conservación de alimentos y otras actividades.

El ácido bórico se prepara por reacción de calentamiento del bórax con un ácido inorgánico, como el ácido clorhídrico:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{HCl} \rightarrow 4 \text{B}(\text{OH})_3$  [o  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ] + 2 NaCl + 5 H<sub>2</sub>O.

Dado que el ácido bórico tiene propiedades antisépticas, bactericidas, antifúngicas y antivirales tiene numerosas aplicaciones en medicina y en la industria farmacéutica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el ácido bórico es un producto tóxico y venenoso e ingerirlo puede ocasionar diarrea y vómitos, en mayor cantidad incluso puede ser

mortal. El mecanismo exacto de acción del ácido bórico es desconocido, pero se lo considera citotóxico.

La dosis letal para seres humanos es 5000-6000 mg/kg para los niños y 15.000-20.000 mg/kg para adultos (Krieger, 2001). El ácido bórico se absorbe fácilmente desde el tracto gastrointestinal, las cavidades serosas, y la piel inflamada o raspada (Goodman & Gilman, 1975).

Ha sido clasificado en el Grupo E (Evidencia de no carcinogenicidad para los seres humanos) (USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, 2011) y no se encuentra en la lista de la International Agency for Reserach on Cancer (IARC).

El uso más popular en seres humanos y animales es para curar el pie de atleta y su mal olor, pero también es muy útil para el tratamiento del acné y de quemaduras leves, para el lavado de ojos, para tratar algunos tipos de otitis externas o como ducha vaginal para tratar la vaginitis bacteriana. También se utiliza en el tratamiento de infecciones por levaduras y herpes labial.

El ácido bórico se registró por primera vez como insecticida en los E.E.U.U. en 1948 para el control de cucarachas, termitas, hormigas, pulgas, pececillos de plata, y muchos otros insectos. El producto es considerado como seguro para usar en cocinas domésticas, actuando como un veneno estomacal que afecta al metabolismo de los insectos, y el polvo seco es abrasivo para el exoesqueleto de los insectos. (Harvey, 1980).

En la industria es donde el ácido bórico tiene mayor aplicación, siendo la principal en la fabricación de la fibra de vidrio. Por sus características físico-químicas, también se utiliza en la joyería, extintores de fuego, soldadura, dinamita, agentes de limpieza y jabones, cerámicas, porcelanas, industria nuclear, etc. En la industria metalúrgica se utiliza para aleaciones, tratamiento y endurecimiento de metales como el hierro, acero y aluminio. En la industria química tiene muchas aplicaciones, principalmente, como regulador de pH ya que es considerado un ácido suave.

El ácido bórico también tiene otras aplicaciones, como el tratamiento de maderas para evitar los daños que ocasionan los hongos e insectos. Su combinación con aceites minerales y vegetales lo convierte en un excelente lubricante. También se usa mucho en la limpieza del hogar, es muy bueno para cerámicas y baldosas, como blanqueador en el lavado de la ropa, y en la limpieza de los accesorios de cocina.

### ***II.5.3. Etilenglicol***

El etilenglicol (etanodiol, glicol de etileno o glicol) es un compuesto químico que pertenece al grupo de los dioles. Es un líquido transparente, incoloro, inodoro, ligeramente espeso como el almíbar y de leve sabor dulce. Es higroscópico y completamente miscible con muchos disolventes polares, tales como el agua, alcoholes y acetona. Sin embargo, su solubilidad es baja en solventes no polares, tales como el benceno, tolueno, dicloroetano, y cloroformo (Lewis, 2007).

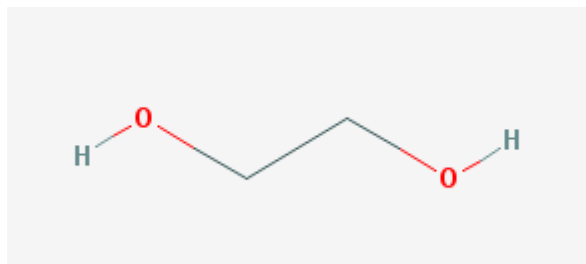
Se utiliza como anticongelante en los circuitos de refrigeración de motores de combustión interna, como difusor del calor, para los procedimientos de deshielo y antihielo de los aviones comerciales, para fabricar compuestos de poliéster y como disolvente en la industria de la pintura y el plástico. El uso generalizado de etilenglicol como anticongelante se basa en su capacidad para reducir el punto de congelación cuando se mezcla con agua. Las propiedades físicas de mezclas de agua-etilenglicol son, por lo tanto, extremadamente importantes. También es un ingrediente en líquidos para revelar fotografías, fluidos para frenos hidráulicos y en tinturas usadas en almohadillas para estampar, bolígrafos y talleres de imprenta.

En la preparación de material anatómico brinda un aumento de flexibilidad de ligamentos permitiendo los movimientos sin dañarlos, gracias a la característica higroscópica evitando desecación (König, Probst, Dier, & Sora, 2013).

El químico francés Charles-Adolphe Wurtz (1817-1884) lo preparó por primera vez en 1856, y lo nombró como "glicol" porque compartía cualidades tanto con el alcohol etílico (con un grupo hidroxilo) como con la glicerina (con tres grupos hidroxilo). En 1859 Wurtz preparó etilenglicol a través de la hidratación del óxido de etileno. No parece haber habido fabricación comercial ni aplicación del etilenglicol antes de la Primera Guerra Mundial, cuando se sintetizó a partir de dicloruro de etileno en Alemania y se utilizó como un sustituto del glicerol en la industria de explosivos.

El glicol ( $\text{HO-CH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$ ) se denomina sistemáticamente 1,2-etanodiol, y se trata del diol más sencillo. Su nombre deriva del griego glicos (dulce) y se refiere al sabor dulce de esta sustancia. Por esta propiedad ha sido utilizado en acciones fraudulentas intentando incrementar la dulzura del vino sin que el aditivo fuera reconocido por los análisis que buscaban azúcares añadidos. Sin embargo, es tóxico y produce disfunción renal.

Figura 32  
Estructura química del etilenglicol



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=174, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/174>.

El etilenglicol afecta a la química del organismo aumentando la cantidad de ácido, lo que produce problemas metabólicos. La intoxicación se presenta como depresión del sistema nervioso central e irritación en el sitio de absorción inicial, seguido de acidosis metabólica e hipocalcemia. Puede causar sordera, ceguera y puede dejar grandes secuelas cerebrales, y, a grandes, dosis producir la muerte.

Es un disolvente orgánico con actividad nefrotóxica que puede ocasionar necrosis tubular aguda que, si no se trata a tiempo, puede desencadenar una insuficiencia renal crónica y posteriormente la muerte. (Gosselin, Hodge, Smith, & Gleason, 1976). La mayoría de los éteres de glicol son de baja toxicidad aguda. En general, numerosos estudios con éteres de glicol muestran que no presentan actividad genotóxica.

Los resultados de estudios de carcinogenicidad con éteres de glicol son consistentes con esta falta de actividad genotóxica.

Se han informado una serie de efectos en los seres humanos asociados con la exposición al éter de glicol, como anemia y leucopenia, aumento del riesgo de aborto o reducción del recuento de espermatozoides. Los hallazgos toxicológicos notificados hasta la fecha indican que, salvo en el caso de la anemia hemolítica y los efectos hepáticos y renales en estudios a largo plazo, los efectos que se observan en los animales también son relevantes para los seres humanos.

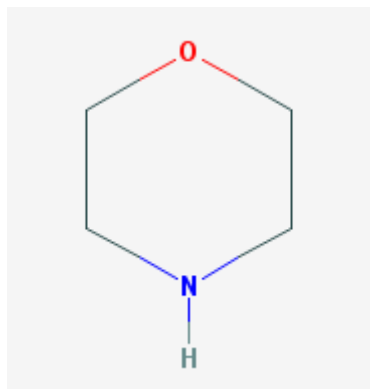
#### **II.5.4. Morfolina**

La morfolina (tetrahidro-1,4-oxazina) es un compuesto heterocíclico orgánico constituido por un anillo de 6 átomos, de los cuales uno es un átomo de nitrógeno (posición 1) y otro es un átomo de oxígeno (posición 4). La fórmula química es  $C_4H_9NO$ . Es higroscópico, con un olor característico a amina, fuertemente alcalino y completamente miscible con agua y gran número de solventes orgánicos (Weissermel,

Arpe, Lindley, & Hawkins, 2003). Es un solvente para gran variedad de materiales orgánicos, incluyendo resinas, ceras y caseína

Figura 33

*Estructura química de la morfolina.*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=8083, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8083>.

La morfolina es una sustancia permitida por la U.S. Food and Drug Administration (FDA) en revestimientos comestibles para frutas y verduras. Es un aditivo común, en concentraciones de ppm, para el ajuste del pH en los sistemas de vapor de los sistemas de combustibles fósiles y de las centrales nucleares. La morfolina se utiliza porque tiene una volatilidad aproximadamente igual al agua, por lo que una vez que se agrega al agua, su concentración se distribuye de manera bastante uniforme en las fases de agua y vapor. La morfolina se descompone lentamente en ausencia de oxígeno, incluso a altas temperaturas y presiones.

Se utiliza ampliamente en la síntesis orgánica y es un componente fundamental en la preparación del antibiótico linezolid y del agente anticancerígeno gefitinib (Iressa). Se ha demostrado que la morfolina exhibe propiedades antimicóticas y antifúngicas (McGuire & Dimitroglou, 1999).

No se han publicado estudios epidemiológicos de la morfolina, y no hay datos disponibles de estudios en seres humanos sobre la carcinogénesis de la morfolina. La evaluación global es que la morfolina no es clasificable por su carcinogénesis para el ser humano (International Agency for Research on Cancer., 1990).

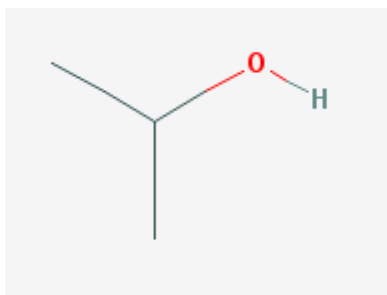
### ***II.5.5. Alcohol Isopropílico***

El 2-propanol, también llamado alcohol isopropílico es un alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua. La fórmula molecular es

$C_3H_8O$ . Cuando este alcohol se oxida se convierte en acetona ya que los alcoholes secundarios se convierten en cetonas (a diferencia de los alcoholes primarios que se convierten en aldehídos).

Figura 34

*Estructura química del alcohol isopropílico.*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=3776, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3776>.

En el procedimiento indirecto para su obtención, se hace reaccionar al propeno con el ácido sulfúrico para formar una mezcla de ésteres de sulfato. La hidrólisis subsiguiente de estos ésteres por vapor produce alcohol isopropílico que se destila. El éter diisopropílico es un importante subproducto de este proceso, se recicla de nuevo al proceso y se hidroliza para conseguir el producto deseado.

El alcohol isopropílico se utiliza como disolvente para revestimientos o para procesos industriales. En particular, es muy popular para aplicaciones farmacéuticas, presumiblemente debido a la baja toxicidad de los residuos. También se usa como un intermedio químico y se utilizó como un aditivo para la gasolina.

El alcohol isopropílico proporciona una alternativa relativamente no tóxica para el formaldehído y otros conservantes sintéticos en la conservación de especímenes biológicos. Las soluciones de alcohol isopropílico que se utilizan para conservar las muestras son del 90-99%.

Los síntomas de la intoxicación por alcohol isopropílico incluyen enrojecimiento, dolor de cabeza, mareos, depresión del SNC, náuseas, vómitos, es anestésico y puede llevar a un coma. La intoxicación puede ocurrir por ingestión, inhalación o absorción, por lo tanto, siempre debe ser utilizado en lugares bien ventilados y con guantes protectores. Alrededor de 15 g de alcohol isopropílico puede tener un efecto tóxico en un humano de 70 kg si no se trata a tiempo. Las sobredosis pueden causar dificultad en la respiración, como resultado de la acetona que se metaboliza para producir el acetato

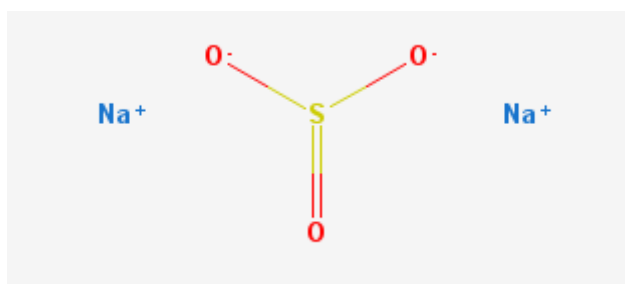
de nutrientes y glucosa. El alcohol isopropílico es oxidado para formar acetona por la deshidrogenación de alcohol en el hígado.

### **II.5.6. Sulfito Sodio**

El sulfito de sodio o sulfito sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) es un compuesto incoloro, producto de la reacción del ácido sulfuroso (u óxido de azufre (IV)) con hidróxido de sodio. En agua se disuelve con reacción ligeramente básica. Es ligeramente higroscópico.

Figura 35

*Estructura química del sulfito de sodio*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=24437, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24437>.

El sulfito de sodio es producto de partida en diversos procesos químicos. Así se utiliza juntamente con azufre elemental en la obtención del tiosulfato sódico (sal de fijación).

Como tal se utiliza aprovechando sus propiedades reductoras protegiendo tuberías o para eliminar el cloro libre.

Como conservante y antioxidante se utiliza en la industria alimentaria (E221). La concentración suele ser habitualmente de 30 - 200 mg/kg de alimento, aunque en algunos frutos secos se pueden alcanzar los 2000 mg/kg.

El polvo del sulfito de sodio irrita los pulmones. Ingerido en cantidades grandes es nocivo. Especialmente en personas sensibles provoca dolor de cabeza, náuseas y puede irritar el sistema intestinal. La presencia del sulfito de sodio en los alimentos puede reducir el contenido de algunas vitaminas como las vitaminas B y el ácido fólico.

### **II.5.7. Nitratos y nitritos: sales curantes**

Los nitratos y nitritos constituyen un ingrediente primordial en el proceso de conservación de las carnes dado que causan alteraciones positivas en ella, como el mejoramiento del poder de conservación, del aroma, del color, del sabor y de la consistencia. Además, sirven para obtener un mayor rendimiento en peso dado tienen

capacidad fijadora de agua. También le aportan ese color rosa-rojizo característico. Por otra parte, ayudan a inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum*, un microorganismo letal que puede producirse en los alimentos (Torres Gámez, 2017).

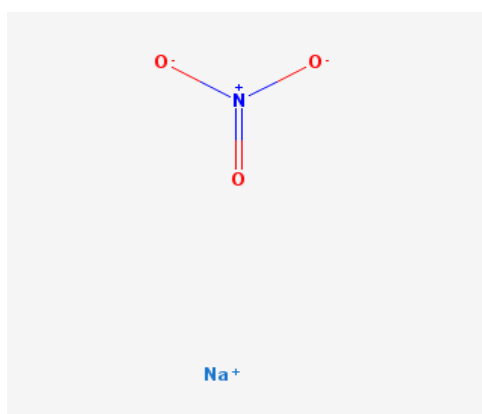
Estas sustancias, además, son las responsables del color rojo de los embutidos. Por sucesivas reducciones de los nitratos se obtiene óxido nitroso que, por reacción con la mioglobina, forma la nitromioglobina que es el pigmento rojo del curado. Las reacciones que transcurren no se conocen en su totalidad (Ortiz Apango, 2011).

### II.5.7.1 Nitrato de Sodio

El nitrato de sodio, nitrato sódico o salitre es un nitrato cuya fórmula es  $\text{NaNO}_3$ . Actualmente se obtiene por síntesis química, a partir del ácido nítrico y del amoníaco. Se trata de una sustancia incolora, inodora y altamente oxidante. Mezclado con sustancias orgánicas puede provocar explosiones.

Figura 36

*Estructura química del nitrato de sodio.*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=24268, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24268>.

Las enormes reservas de salitre de ciertas zonas desérticas de Chile fueron, durante principios del siglo pasado, fuente casi inagotable de nitrato de Sodio, cuyos usos y aplicaciones se encuentran hoy principalmente en la agricultura y la pirotecnia. Por contaminación también puede aparecer en verduras y hortalizas debido al abuso en el uso de pesticidas y fertilizantes.

El nitrato de sodio es usado de modo habitual en la agricultura, como fertilizante. Una de sus ventajas son sus características de gran solubilidad y su elevado contenido de nitrógeno. Además, una de las aplicaciones del nitrato de sodio se da como

coadyuvante para la combustión de carbón vegetal, en el sector de la pirotecnia y los explosivos, la pólvora negra es otro de los compuestos que lo incluye.

Como conservante en la industria alimenticia (E251) y en la mezcla de sales empleada para tratar la carne en su conservación, es un agente preventivo del botulismo. En alimentación tiene la función de conservante, fungicida y conservador del color, aunque generalmente también se utiliza como agente para la creación de “Sal Nitro” o “Sal cura” empleada en la curación de carnes y embutidos salados. Su acción puede ser substituida por la del Nitrato de Potasio (E252).

El nitrato es sólo ligeramente tóxico, con una ingesta diaria admisible máxima de 3.7mg/kg de peso corporal (LD50 = 1267 mg/kg en ratas, por vía oral) pero puede ser transformado en nitrito, con actividades fisiológicas mayores y más dañinas.

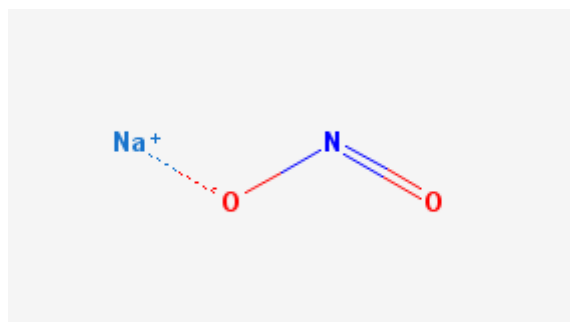
El polvo puede irritar los pulmones y la piel. El nitrato de sodio tiene la característica de reducirse al nitrito de sodio en el cuerpo, a menudo dando lugar a la desnaturalización de la hemoglobina.

Se ha ido demostrando durante los años la relación que hay entre estos aditivos y la formación de nitrosaminas, que son moléculas cancerígenas. Por ello, las organizaciones e instituciones encargadas de la investigación en seguridad alimentaria van proponiendo el uso de cantidades cada vez menores de las sales nitrificantes. Claro está que hay que hacer balance entre dos efectos contrapuestos y no se puede prohibir su utilización porque el control sobre el *Clostridium botulinum* es muy importante.

#### **II.5.7.2. Nitrito de Sodio**

El nitrito de sodio es una sal sódica de la familia de los nitritos de fórmula  $\text{NaNO}_2$ . Uno de los usos más comunes es en la industria alimentaria, concretamente en la cárnica en la que se emplea como conservante y fijador del color de carnes y sus derivados (fiambres y embutidos), donde aparece etiquetado con el código E250. Su empleo como aditivo alimentario debe ser regulado ya que el exceso produce en los alimentos un conjunto de reacciones en cadena con las aminas y metilaminas de los músculos que acaba con la formación de nitrosaminas.

Figura 37  
*Estructura química del nitrito de sodio.*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=23668193, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23668193>.

El nitrito de sodio se presenta como un polvo blanco cristalino soluble en agua. Se trata de un compuesto no combustible y actúa como agente oxidante fuerte en ambientes húmedos. El nitrito de sodio posee una fuerte acción bacteriostática impidiendo el crecimiento de bacterias esporógenas como el *Clostridium botulinum*. En ocasiones es empleado como vasodilatador y en tratamientos de intoxicación cianhídrica (al igual que el tiosulfato sódico).

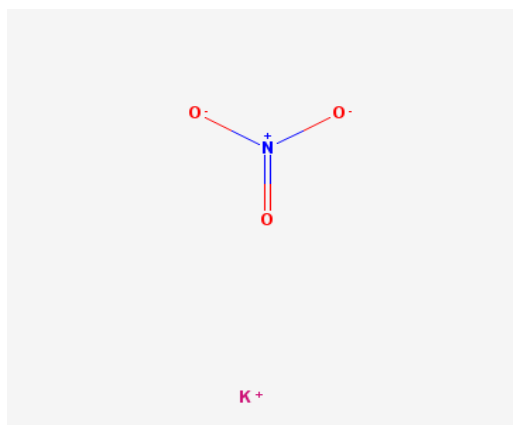
Las carnes tratadas con nitrito sódico poseen en crudo una coloración roja-púrpura como resultado de la reacción química entre el nitrito y la mioglobina existente en el músculo, que produce la nitrosomioglobina.

El empleo de nitrito de sodio como aditivo alimentario provoca cáncer en animales de laboratorio, y por consiguiente podría ser cancerígeno en seres humanos. Este compuesto aparece al freír la carne a altas temperaturas (Mackerness, Leach, Thompson, & Hill, 1989).

### **II.5.7.3. Nitrato de Potasio**

El nitrato de potasio, componente del salitre, es un nitrato cuya fórmula es  $\text{KNO}_3$ . Actualmente, la mayoría del nitrato de potasio proviene de los vastos depósitos de nitrato de sodio en los desiertos chilenos. El nitrato de sodio es purificado y posteriormente se le hace reaccionar en una solución con cloruro de potasio (KCl), en la cual el nitrato de potasio, menos soluble, cristaliza.

Figura 38  
*Estructura química del nitrato de potasio.*



Tomado de: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=24434, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24434>.

Antiguamente el nitrato de potasio era obtenido a partir de una mezcla de toda clase de desechos animales con escombros y cenizas vegetales, que era regada con agua de los estercoleros o con orina. De vez en cuando se raspaba la capa exterior y se lixiviaba el producto con agua. En India se ha observado que algunas plantas de hojas filiformes contienen gran cantidad de esta sal.

Aproximadamente el 75 % del nitrato de potasio se manufactura con una pureza del 90% para su uso como fertilizante. La ausencia de cloro es una ventaja para las plantaciones de frutas cítricas y de tabaco, también se usa en la producción de fertilizantes líquidos y es un importante constituyente de los fertilizantes multinutrientes. Al ser aplicado, el producto no deja ningún residuo, aportando solo elementos útiles pues es soluble en su totalidad. Al aportar el nitrógeno en forma nítrica, no retenida por el suelo, su reparto es muy homogéneo.

En conservación de alimentos, el nitrato de potasio es un ingrediente poco común de la carne salada. Como conservante es conocido como E252.

La dosis tóxica varía en gran medida, siendo de entre 150 a 300 mg/kg de peso vivo de  $\text{KNO}_3$  la dosis que puede resultar fatal.

### CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

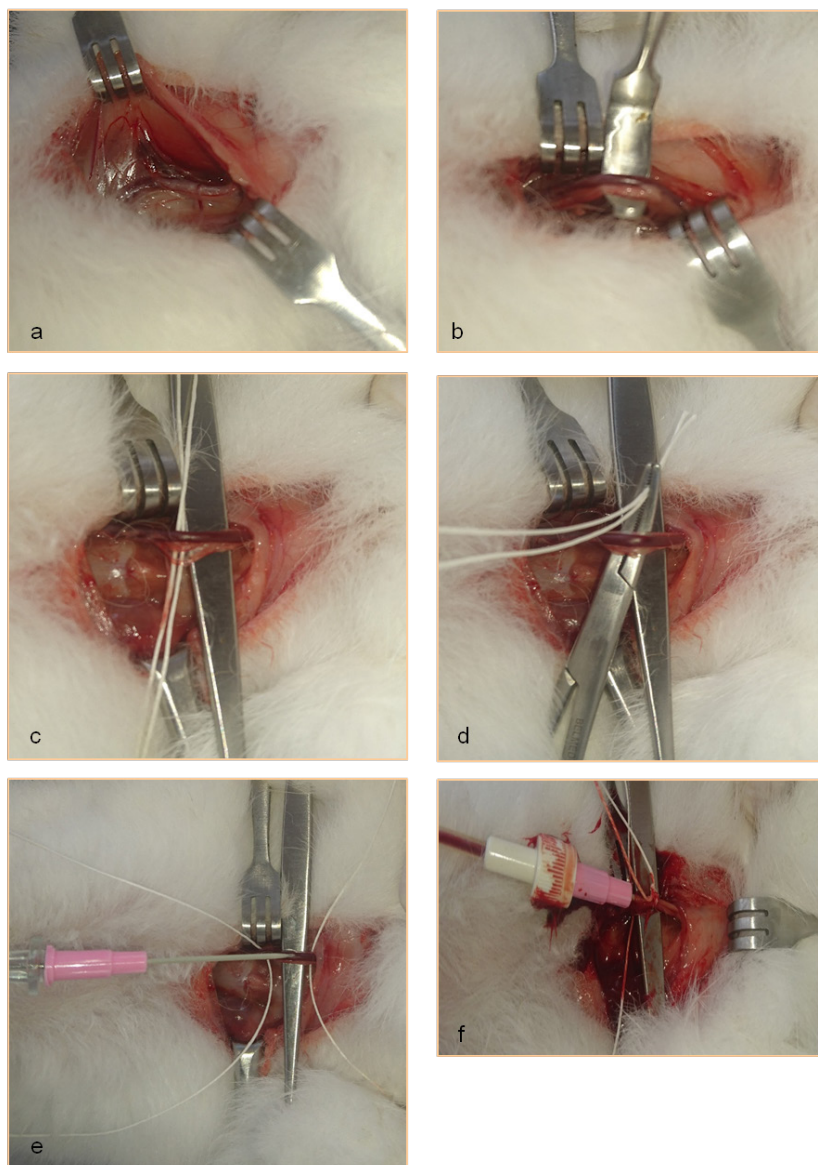
Para realizar este estudio se utilizaron 20 conejos de la raza Neozelandés, de dos kilogramos de peso vivo en promedio, los cuales se procesaron siguiendo las normas bioéticas vigentes (Comité Asesor de Bioética, 2009; American Veterinary Medical Association, 2013).

#### III.1. Preparación de los animales

Se realizó una premedicación con sulfato de atropina 0,1% inyectando una dosis de 0,05 mg/kg de peso vivo, por vía subcutánea o intramuscular (Laboratorio Fatro-Von Franken); luego se indujo la anestesia con una combinación de Ketamina en dosis de 25-40 mg/kg peso vivo, vía intramuscular (Ketamina 50, Laboratorio Holliday Scott s.a.) y Xilacina 2% en dosis de 5-10 mg/kg peso vivo, vía intramuscular (Kensol, Laboratorio König), para alcanzar un plano anestésico de entre III y IV (respiración muy corta, midriasis acentuada, abolición de reflejos, relajación muscular total).

El animal anestesiado se colocó en la posición decúbito dorsal y se procedió a la exposición de la arteria carótida común realizando una incisión en la piel por la línea media ventral del cuello, de 2 a 4 cm de largo. La disección se profundizó por divulsión del tejido celular subcutáneo y se desplazó la piel con separadores de Senn. Utilizando una disección roma, se separaron los músculos esternocéfálicos por su rafe de unión en la línea media. Una vez realizada esta maniobra se visualizó la tráquea y a su lado la vaina carotidea que contiene el paquete vásculo-nervioso del cuello, se identificó la arteria carótida común, se la aisló por divulsión roma y se la expuso sujetándola con una pinza de mano izquierda (Figura 39, a y b). Seguidamente se pasó por debajo de la arteria un separador de Senn para fijarla, y con una pinza Halsted se pasaron hilos de lino 40 para realizar la fijación posterior del angiocatéter G20 (Figura 39, c y d). Para colocar el catéter en la arteria carótida común se la sujetó firmemente con una pinza de mano izquierda o por tracción con un separador de Senn y se punzó cuidadosamente. Cuando se atravesó la pared de la arteria se comenzó a retirar la aguja para seguir impulsando solo el catéter de teflón en el interior del vaso sanguíneo. Una vez en posición, al angiocatéter se fijó con las ligaduras (Figura 39, d y f).

Figura 39  
*Exposición y canalización de la arteria carótida común.*



Referencias: a y b: aislamiento y exposición; c y d: colocación de los hilos; e y f: colocación y fijación del angiocatéter G20 (imágenes propias).

El angiocatéter se conectó luego a un prolongador FP15 con Luer Lock de 2,6 x 1500 mm o a una manguera de perfus, y se comenzó la exanguinación a blanco (Zúñiga, Tur Marí, & Milocco, 2001) (Figura 40).

Figura 40  
*Exanguinación por canalización de la arteria carótida.*



Referencia: imagen propia

La sangre se recogió en un recipiente graduado para conocer el volumen extraído, que también puede estimarse teniendo en cuenta el peso corporal del animal utilizado (44-70 ml/Kg de peso corporal), y poder calcular la cantidad de solución a inyectar en base al mismo (Figura 41).

Figura 41  
*Recolección y medición del volumen final de sangre extraída.*



Referencia: imagen propia

Luego de la exanguinación, y por la vía arterial ya canalizada, se realizó la limpieza de los vasos sanguíneos con solución fisiológica (De Segura, 2007) y posteriormente comenzó el proceso de inyección de las soluciones fijadoras.

### III.2. Composición y preparación de las soluciones fijadoras y de inmersión

Para aplicar el método *CFP-Soft Fix* se prepararon dos soluciones principales que luego fueron empleadas para integrar las soluciones fijadoras de inyección vascular, de inyección visceral, y la solución de inmersión.

La composición de las soluciones principales (SOL-I y SOL-II) se muestra en las Tablas 1 y 2, respectivamente. Estas soluciones pueden ser preparadas previamente y guardadas, conservándose estables a la luz y temperatura ambiente durante uno a dos meses. Los recipientes almacenadores pueden ser bidones plásticos.

Tabla 1  
*Composición de la solución principal I (SOL-I)*

<b>Reactivo</b>	<b>Cantidad</b>
Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )	100 g
Etilenglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ )	1 l
Nitrato de sodio ( $NaNO_3$ )	350 g
Nitrito de sodio ( $NaNO_2$ )	350 g
Nitrato de potasio ( $KNO_3$ )	160 g
Agua a 60 °C	3.2 l
<b>Volumen final de la solución</b>	<b>5 l</b>

Fuente: elaboración propia.

Para poder realizar la correcta disolución de los reactivos que conforman la *SOL-I*, se procedió de la siguiente manera: primero se pesaron y colocaron en el recipiente de mezcla las sales de nitrato de sodio ( $NaNO_3$ ), nitrito de sodio ( $NaNO_2$ ) y nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) y luego se agregó lentamente agua a 60°C homogeneizando la solución de manera permanente. Una vez que se agregó el total de volumen de agua y la disolución fue homogénea, se incorporaron a la misma el ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y etilenglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ ), realizando una homogeneización. Se dejó enfriar y se guardó en el recipiente destinado para tal fin, a temperatura ambiente.

Tabla 2  
*Composición de la solución principal II (SOL-II)*

<b>Reactivo</b>	<b>Cantidad</b>
Etilenglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ )	1 l
Eugenol ( $C_{10}H_{12}O_2$ )	0.2 l
<b>Volumen final de la solución</b>	<b>1,2 l</b>

Fuente: elaboración propia.

Para constituir la *SOL-II* se mezclaron los reactivos etilenglicol y eugenol en un recipiente, en orden aleatorio, y se homogenizó la solución.

La composición de las soluciones finales se muestra en la Tabla 3 (solución fijadora vascular) y en la Tabla 4 (solución fijadora visceral). Su preparación debe realizarse en el momento de su utilización, ya que no se muestran estables con el tiempo.

Tabla 3  
*Composición de la solución fijadora vascular*

<i>Ingrediente</i>	<i>Cantidad</i>
<i>SOL-I</i>	1.5 l
<i>SOL-II</i>	0.1 l
Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )	100 g
Morfolina ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ )	0.350 l
<b>Volumen final de la solución</b>	<b>1.95 l</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4  
*Composición de la solución fijadora visceral*

<i>Ingrediente</i>	<i>Cantidad</i>
<i>SOL-I</i>	1 l
<i>SOL-II</i>	0.1 l
Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )	50 g
Morfolina ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ )	0.03 l
Alcohol isopropílico ( $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ )	0.3 l
<b>Volumen final de la solución</b>	<b>1.43 l</b>

Fuente: elaboración propia.

En un recipiente de boca ancha se colocó primero la *SOL-I*, luego la *SOL-II*, se agregó el sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) y por último la Morfolina ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ ). La solución fijadora visceral se preparó igual que la anterior y se agregó por último el alcohol isopropílico ( $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ ).

En la Tabla 5 se detallan las cantidades que se mezclan de *SOL-II* más el agregado de los reactivos para formar la solución de inmersión.

Tabla 5  
Composición de la solución de inmersión

<i>Reactivos</i>	<i>Cantidad</i>
<i>SOL-II</i>	0.2 l
Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )	300 g
Etilenglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ )	1 l
Nitrato de sodio ( $NaNO_3$ )	450 g
Nitrito de sodio ( $NaNO_2$ )	450 g
Nitrato de potasio ( $KNO_3$ )	500 g
Sulfito de sodio ( $Na_2SO_3$ )	650 g
Agua a 60 °C	9 l
<b>Volumen final de la solución</b>	<b>10.2 l</b>

Fuente: elaboración propia.

Para poder realizar la correcta disolución de los reactivos que conforman la solución de inmersión, primero se pesaron y colocaron en el recipiente de mezcla las sales de nitrato de sodio ( $NaNO_3$ ), nitrito de sodio ( $NaNO_2$ ), nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) y sulfito de sodio ( $Na_2SO_3$ ) y se disolvieron en agua a 60°C, agregada lentamente para poder homogeneizar la solución. Una vez que se agregó volumen total de agua y la disolución fue homogénea, se incorporaron a la misma el ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) y etilenglicol ( $CH_2OHCH_2OH$ ) realizando una nueva mezcla y homogenización. Se dejó enfriar y se agregó finalmente la *SOL-II*, quedando lista para su uso.

Todos los reactivos utilizados son grado analítico marca Cicarelli, a excepción del Eugenol (Sigma Aldrich).

### III.3. Aplicación del método *CFP-Soft Fix*

Una vez acondicionado el cadáver, previo exanguinado y lavado del árbol arterial con solución fisiológica, se procedió a la perfusión de las soluciones fijadoras vascular y visceral, preparadas inmediatamente antes.

Para ello se le añadió una llave de tres vías con prolongación al angiocatéter colocado previamente. La perfusión se realizó manualmente utilizando jeringas de 35 cm<sup>3</sup>, dado que, de esta forma, al ir aumentando la presión en la jeringa al empujar el émbolo, se comprueba que la solución está circulando y ocupando todo el aparato cardiovascular y, por ende, todos los tejidos se perfundieron correctamente. El volumen de solución inyectado fue el doble del volumen de sangre extraída para cada ejemplar.

Luego se procedió a colocar la solución visceral en el tracto digestivo, por vía rectal. Este proceso se realiza para inactivar la flora bacteriana y mejorar la fijación de los órganos. Para esto se utilizó una cánula como dispositivo intermedio para realizar el enema. Previo a la colocación de la cánula se realizó una sutura en jareta para luego cerrar el esfínter anal evitando el reflujo de la solución.

Una vez finalizados estos dos procedimientos de fijación, los cadáveres completos se colocaron en la solución de inmersión durante 30 días a temperatura ambiente, para favorecer la impregnación y la fijación (Figura 42).

Figura 42

*Cadáveres sumergidos en la solución de inmersión.*



Referencia: imagen propia

Transcurridos los 30 días de impregnación y fijación en inmersión se comenzó con los trabajos de disección. En primer lugar, se realizó el cuereado y eviscerado del cadáver. Seguidamente, los miembros pelvianos fueron separados del cuerpo a nivel de la articulación intervertebral entre las vértebras lumbares II y III y se retiraron el tejido celular subcutáneo y la grasa de la pieza. Por último, se separaron los miembros pelvianos derecho e izquierdo siguiendo el plano sagital medio, desarticulando la sínfisis pelviana y seccionando las vértebras lumbares y el sacro por la línea media, quedando así a los miembros pelvianos derecho e izquierdo independientes (Figura 43).

Para la realización del trabajo se utilizaron solamente 2 conejos por vez, con un intervalo de 30 días entre cada implementación del método en estudio.

Figura 43

*Miembros pelvianos derecho e izquierdo luego de la disección.*



Referencia: imagen propia

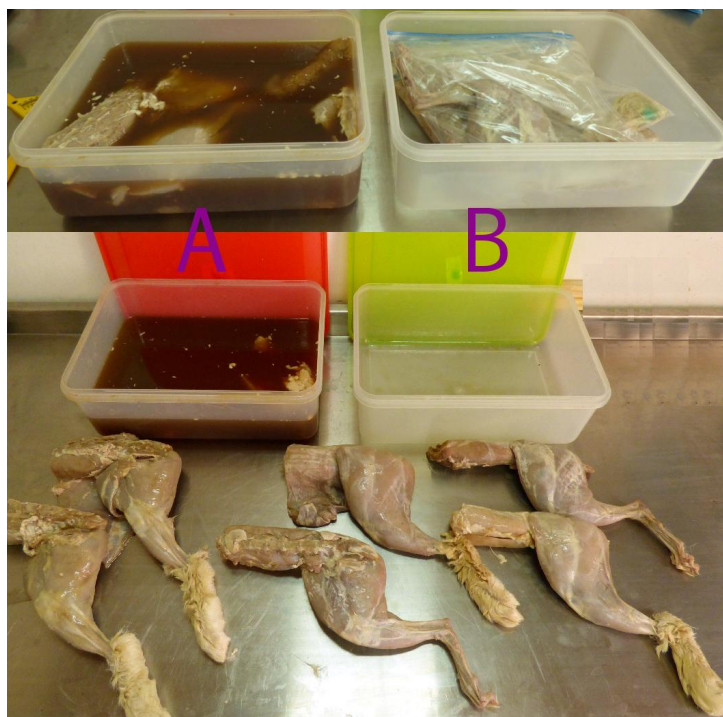
#### **III.4. Conservación post-fijación de los miembros pelvianos**

Luego de finalizada la disección y durante los 7 meses que duró el estudio para cada uno de los especímenes, los miembros pelvianos se conservaron de dos formas diferentes:

- **A:** los miembros pelvianos derechos se conservaron sumergidos en solución de inmersión y a temperatura ambiente.
- **B:** los miembros pelvianos izquierdos se conservaron en bolsas con cierre hermético, sin solución de inmersión y a temperatura ambiente (Figura 44).

Cabe aclarar que el clima de esta región es subtropical húmedo. Presenta veranos cálidos e inviernos fríos con heladas; la temperatura media anual es de 17°C. La temporada calurosa dura 3,5 meses aproximadamente, desde fines de noviembre a principio de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es de 27 °C y la temperatura mínima promedio es 19 °C. La temporada fría dura 2,9 meses aproximadamente, de fines de mayo a mediados de agosto, con una temperatura mínima promedio de 5 °C y máxima promedio de 16 °C.

Figura 44  
Almacenamiento de los miembros pelvianos.



Referencia: imagen propia

Los miembros pelvianos conservados de ambas formas fueron observados cada 15 días para visualizar posible putrefacción y/o contaminación fúngica, mantenimiento del color, volumen, elasticidad y flexibilidad.

### III.5. Evaluación de la eficacia antiséptica

Se evaluó, cada 15 días, la presencia de contaminación fúngica y/o procesos de putrefacción por acción bacteriana mediante la observación macroscópica de la superficie de las piezas tratadas con el método *CFP-Soft Fix*. Se puso especial atención en los espacios interdigitales y en la profundidad de los surcos intermusculares para poder visualizar procesos putrefactivos bacterianos. Se registró presencia o ausencia de dichos fenómenos como: Si: presencia, o No: ausencia.

### III.6. Evaluación de la conservación del color de los tejidos en general

Para evaluar la conservación del color de los tejidos se utilizó una comparación visual con un miembro pelviano sin conservar.

Se puso especial énfasis en evaluar la conservación del color de tejido muscular, para lo cual se observó el tejido muscular de la región del músculo cuádriceps femoral.

### III.7. Medición de la flexibilidad y la elasticidad musculares

La medición de la flexibilidad muscular de cada pieza se realizó cada 15 días durante el periodo de estudio e independientemente de su forma de conservación. Se tomaron como control los parámetros registrados en las mismas piezas previamente al tratamiento con las soluciones conservadoras.

La flexibilidad de las piezas conservadas se evaluó por goniometría o balance articular, que es una maniobra de medición de los ángulos articulares que se realiza con un instrumento denominado goniómetro. Los balances articulares se pueden realizar de forma activa y/o pasiva. En la forma pasiva se realiza el movimiento sin que haya contracción muscular voluntaria.

La medición de la flexibilidad se realizó en las articulaciones genu o femorotibial, coxal y del tarso de las piezas conservadas, midiendo con un goniómetro los ángulos articulares de referencia de las articulaciones en situación de aplomo normal (reposo). Luego se procedió a la flexión de la articulación y se midió el ángulo de la flexión máxima. Restando el valor medido para el ángulo de flexión al valor del ángulo de referencia, se obtuvieron los grados de flexión de la articulación.

- Goniometría de la articulación de la coxal:

Para medir el ángulo de flexión - extensión de la cadera, lo primero que se establece es un ángulo fijo que denominamos ángulo de referencia de la cadera. Este se mide en decúbito lateral. El centro goniométrico se coloca en la parte lateral, haciendo coincidir el centro con el trocánter mayor del fémur, y orientando la rama dorsal (fija) hacia la espina ilíaca ventral y la rama ventral paralela al eje longitudinal del fémur, en dirección al cóndilo lateral. Esta medición del ángulo normal suele ser de unos 120° (Sisson & Grossman, 1984) y se realiza antes de medir la flexión de la cadera.

La flexión se mide con el ángulo de referencia de la articulación coxal previamente medido y con la articulación genu siempre en flexión para que el movimiento tenga mayor amplitud articular. Los valores que se obtienen son de entre 40° y 60°.

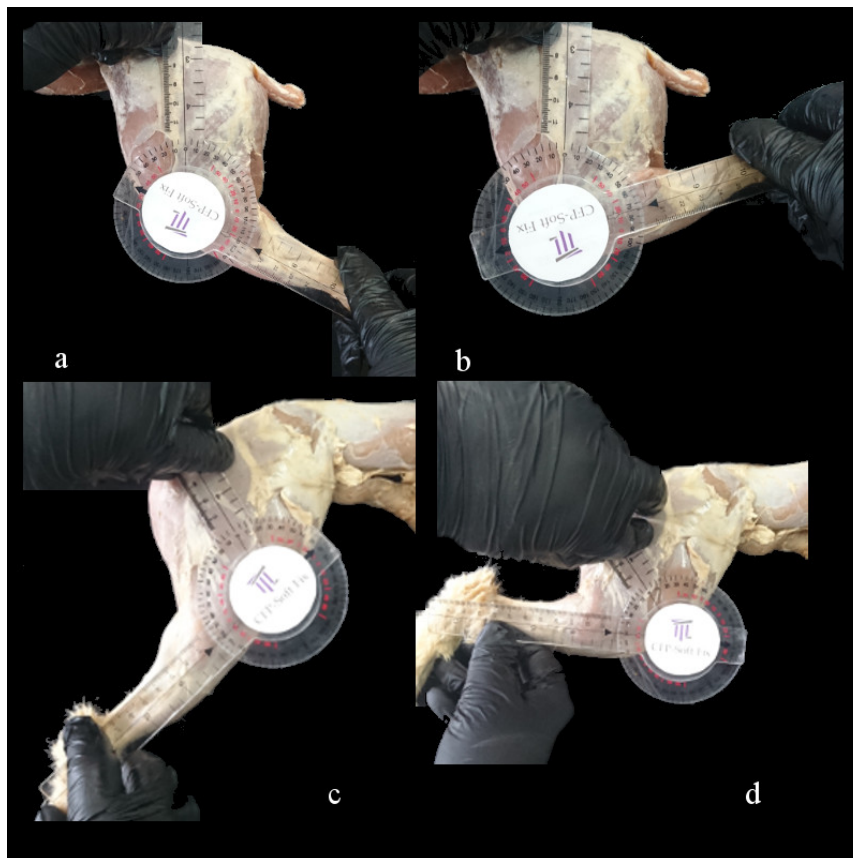
- Goniometría de la articulación genu:

Para establecer el ángulo de referencia se coloca el goniómetro sobre la cara lateral, ubicando el centro del goniométrico sobre el cóndilo lateral del fémur, la rama fija o femoral siguiendo el eje longitudinal del fémur en dirección al trocánter mayor y la rama móvil o tibial, siguiendo el eje longitudinal de la tibia en dirección al centro del maléolo lateral. Dejando la articulación en extensión se mide el ángulo de referencia, que toma valores de entre 115 ° y 125° (Sisson & Grossman, 1984). Como resultado de

la medición de la flexión de la articulación se obtienen valores de entre  $60^\circ$  y  $75^\circ$  (Figura 45)

Figura 45

*Medición de la flexibilidad muscular con goniómetro en la articulación genu de miembros pelvianos izquierdos y derechos.*



Referencias: a y c ángulo de referencia articular; b y d: el ángulo de la flexión máxima articular. Referencia: imágenes propias.

- Goniometría de la articulación del tarso:

La flexión dorsal articular se mide colocando en posición neutra o de referencia el eje longitudinal de la pierna. Como referencia se toman los siguientes puntos goniométricos: el centro en el centro del maléolo lateral, la rama fija siguiendo el eje longitudinal lateral de la pierna en dirección a la cabeza de la fibula y la rama móvil en dirección a la base del cuarto metatarsiano. En la posición neutra se midió el ángulo de referencia, que puede variar desde  $115^\circ$  hasta  $135^\circ$  (Sisson & Grossman, 1984). Como resultado de la medición de la flexión de la articulación se obtuvieron valores de entre  $70^\circ$  y  $110^\circ$ .

La elasticidad de los músculos fue evaluada en el momento de la flexión durante la medición de los ángulos articulares, tomándose como parámetro la resistencia a la maniobra.

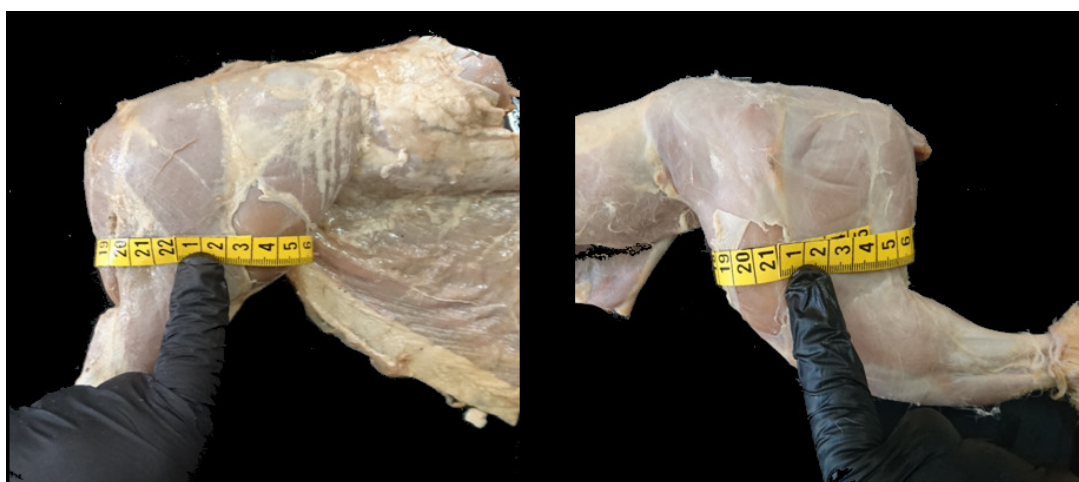
### III.8. Medición centimétrica de los perímetros musculares

La medición del perímetro muscular de cada pieza se realizó cada 15 días durante el periodo de estudio e independientemente de su forma de conservación. Se tomaron como control los parámetros registrados en las mismas piezas previamente al tratamiento con las soluciones conservadoras.

Las mediciones del perímetro muscular se realizaron con un escrotímetro, tomando como referencia la patela, desde su borde dorsal, se tomaron dos centímetros para medir la circunferencia del muslo aproximadamente en el tercio medio del fémur (Figura 46).

Figura 46

*Medición del perímetro del muslo con escrotímetro.*



Referencia: imágenes propias

### III.9. Análisis histológico

Se realizó el estudio histológico de muestras de tejido muscular y tendones de los miembros pelvianos derechos e izquierdos. Se tomaron muestras de los músculos sublumbares y los tendones que conforman la cuerda femorocalcanea (m. gastrocnemios y m flexor digital superficial).

Los tiempos a los que se tomaron las muestras fueron:

- Tiempo 0: inmediatamente terminada la exsanguinación y previo a la inyección de las soluciones fijadoras;

- Tiempo I: inmediatamente luego de la perfusión de las soluciones fijadoras y previamente a la inmersión;
- Tiempo II: luego de 7 días de inmersión del cadáver completo;
- Tiempo III: luego de 14 días de inmersión del cadáver completo;
- Tiempo IV: luego de 4 meses de conservación de los miembros pelvianos derechos e izquierdos de las 2 formas;
- Tiempo V: luego de 7 meses de conservación de los miembros pelvianos derechos e izquierdos de las 2 formas.

Las muestras tomadas de los animales procesados por el método CFP–*Soft Fix* fueron fijadas en formaldehído y procesadas histológicamente hasta su inclusión en parafina. Se realizaron cortes de 7 micras. Las secciones fueron coloreadas con hematoxilina-eosina (coloración de rutina), con picrosirius Red-hematoxilina (coloración específica para fibras colágenas tipo I y III) y con tricrómica de Masson (coloración específica para fibras colágenas) y se analizaron con un microscopio de campo claro (UNILUX, Kyowa) (Clark, 1981; García del Moral, 1993).

### **III.10. Análisis estadístico**

Con el objetivo de evaluar si existieron diferencias estadísticamente significativas en la flexibilidad de las articulaciones en el tiempo sometidas a las distintas formas de conservación, se ajusta para cada articulación un modelo mixto de medidas repetidas con estructura de autocorrelación de orden 1 para la dependencia temporal y el conejo como factor aleatorio. En todos los casos, se ajustó en primera instancia el modelo con interacción entre tratamiento y el tiempo.

Para la variable circunferencia muscular se ajustó también un modelo mixto de medidas repetidas con estructura de autocorrelación de orden 1 para la dependencia temporal, considerando al conejo como factor aleatorio. Este estudio fue realizado por la Licenciada María Belén Allasia, El Bioquímico Juan José Ivancovich y la Bioquímica Hebe Bottai, del Área Estadística y Procesamiento de datos de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la U.N.R.

En todos los casos se aceptó un nivel de significación de  $p < 0,05$ .

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

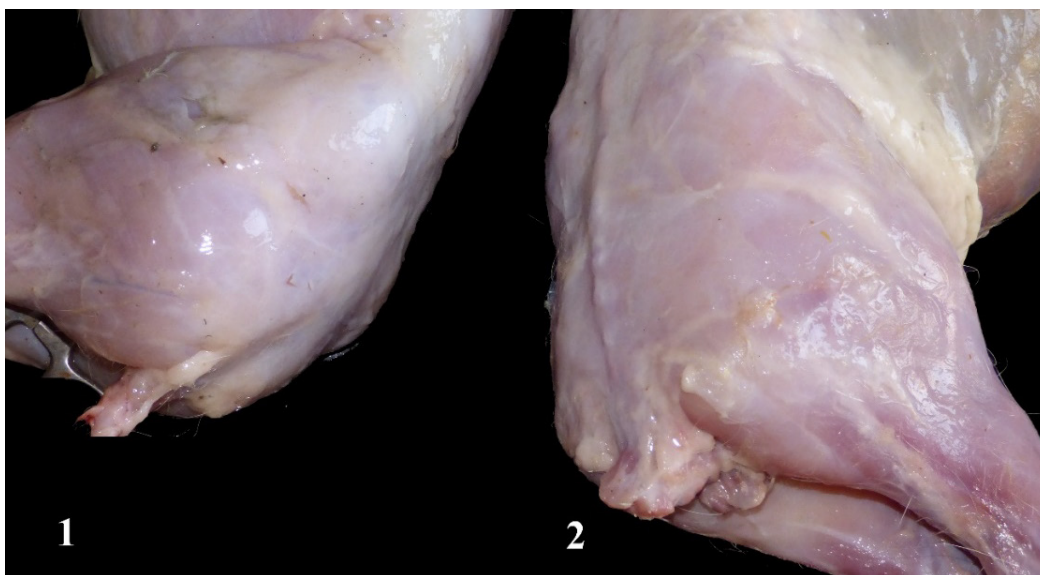
### IV.1. Aplicación del método *CFP-Soft Fix*

Como resultado de la modificación y adaptación de la técnica de conservación de W. Thiel a conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de raza Neozelandés (método *CFP-Soft Fix*), se obtuvo una nueva solución “libre de formaldehído”, de fácil aplicación y que permite obtener piezas de aspecto general muy similar al del animal vivo (Figura 47).

En la preparación de las soluciones, no se presentaron inconvenientes técnicos, pudiéndose lograr las proporciones adecuadas de los nuevos componentes. A pesar de que muchos anatomistas han modificado la fórmula original de Thiel, y algunos autores (Eisma, Lamb, & Soames, 2013) realizaron experiencias reduciendo las concentraciones de formaldehído con el objetivo de disminuir la toxicidad de la solución, en todos los casos se siguió utilizando el formaldehído en alguna proporción (Kerckaert, Van Hoof, Pattyn, & D'Herde, 2008; Eisma, Lamb, & Soames, 2013; Hayashi, y otros, 2014; Hammer, y otros, 2014; Bertone, Blasi, Ottone, & Dominguez, 2011). En este trabajo, el formaldehído se eliminó completamente, no afectando la fijación de los tejidos.

Figura 47

*Comparación de cadáver fresco con uno tratado mediante la técnica CFP - Soft Fix.*



Referencias: 1- cadáver fresco recién faenado, 2- cadáver conservado con el método *CFP-Soft Fix*, luego de 30 días de inmersión en solución conservadora. (Imagen propia)

La aplicación por inyección intravascular de la solución fijadora vascular permitió una excelente distribución de ésta en todos los cadáveres, llegando a perfundir los vasos sanguíneos más distales del miembro pelviano sin dificultad, lo que se evidenció por la

ausencia de putrefacción en los dedos. También se observó la presencia de solución en el interior de las venas, por lo que se infiere que la solución inyectada circuló atravesando las redes capilares, se distribuyó en los tejidos y llegó a las mismas. Este hecho se vería favorecido por la baja viscosidad de la solución vascular, que le permite atravesar fácilmente las paredes capilares.

El uso del sistema arterial para distribuir soluciones de infusión es muy antiguo y el efecto es el mismo independientemente de la arteria se utiliza. Sin embargo, debido a que en la zona de acceso se ocasionan daños inevitables de estructuras anatómicas, se debe elegir adecuadamente el sitio de acceso. La técnica original utiliza la canalización de la arteria ilíaca externa (Thiel W, 1992), mientras que otros autores modificaron los sitios de inyección para realizar la perfusión de los cadáveres humanos de forma más rápida utilizando la vena safena interna común (Thiel W, 1992; Groscurth, y otros, 2001). En el conejo este abordaje es muy dificultoso y se produce gran destrucción de estructuras de interés anatómico para la enseñanza. Otro sitio de inyección posible sería la arteria femoral (Hammer, y otros, 2014), pero en el caso de los conejos el canal femoral se encuentra cubierto por el músculo sartorio, por lo que su abordaje para la canalización implicaría la ruptura de estructuras anatómicas importantes. En este trabajo se eligió como vía de inyección la arteria carótida común, ya que es de fácil acceso y canalización posterior. Por otra parte, el uso de la arteria carótida común presenta como ventaja adicional evitar el peligro de incidir los vasos sanguíneos pequeños, que causarían problemas de fugas de la solución.

En este estudio también se modificó el tiempo en que se mantuvieron los cadáveres en la solución de inmersión para su impregnación y fijación. La técnica original de Thiel plantea seis meses de inmersión para cadáveres humanos completos (Thiel W, 1992). Otros autores también modificaron este parámetro manteniendo los cuerpos sumergidos durante un mes (Hammer, y otros, 2014), dos meses (Eisma, Lamb, & Soames, 2013), tres meses (Healy, y otros, 2015) y entre cuatro y seis semanas (Kerckaert, Van Hoof, Pattyn, & D'Herde, 2008), obteniendo resultados similares a los de la técnica de Thiel. En este trabajo se logró reducir el tiempo de fijación por inmersión del cadáver completo a 30 días, con resultados satisfactorios (Figura 47).

Cuando se retiraron los cadáveres de la solución de inmersión para iniciar el proceso de disección, se realizó una inspección y examen de la superficie corporal. La primera apreciación que se tuvo fue que la piel se encontraba untuosa al tacto y con elasticidad conservada. Un aspecto que sorprendió fue la erosión de la epidermis, con un

desprendimiento de los pelos de los folículos pilosos, que dejaba la piel desnuda con solo pasar la mano. Este hecho permitió que los anexos cutáneos como glándulas, almohadillas digitales, entre otros, se pudieran apreciar fácilmente. A nivel de las uñas el procedimiento provocó un desprendimiento del estuche corneo. (Figura 48)

Figura 48  
*Superficie corporal antes del proceso de disección.*



Referencia: nótese la piel que perdió los pelos por la erosión de la capa epidérmica. (Imagen propia)

Cuando se incidió la piel se pudo constatar una resistencia similar a la de la piel del animal vivo, el tejido celular subcutáneo se encontró hidratado y brillante, y el tejido muscular y sus anexos (fascias) recordaban el color y las características de una recién faenada. El tejido muscular presentó una turgencia y elasticidad que permitió que los movimientos articulares de flexión y extensión se realizaran sin necesidad de aplicar una fuerza extrema. (Figuras 49 y 50)

Figura 49  
*Segundo plano de disección exposición de las fascias superficiales y tejido celular subcutáneo.*



Referencia: imagen propia

Figura 50

*Tercer plano de disección reflexión de las fascias superficiales y glándula mamaria.*



Referencia: imagen propia

#### **IV.2. Conservación post-fijación de los miembros pelvianos**

En base a los resultados obtenidos para las dos formas de almacenamiento de los miembros pelvianos derechos e izquierdos, y que se mantuvieron durante los 7 meses del experimento, se concluye que no hubo diferencias significativas entre ambas. Se puede establecer que la metodología que utiliza bolsas con cierre hermético, sin solución de inmersión y a temperatura ambiente, tiene como ventajas la practicidad de almacenamiento del material y la eliminación de la solución de inmersión respecto de la otra metodología de conservación.

Basándose en las observaciones realizadas cada 15 días durante los 7 meses del estudio, se puede aseverar que la técnica de conservación CFP-*Soft Fix* preservó los tejidos de los cadáveres con sus colores naturales, consistencia, flexibilidad, plasticidad y transparencia. La conservación sería consecuencia de tres procesos: la fijación, la desinfección (efecto bactericida) y la preservación, de los cuales son responsables distintos componentes de las soluciones utilizadas. El eugenol y el etilenglicol actúan como fijadores y conservadores, el ácido bórico actúa como desinfectante y el etilenglicol preserva además la plasticidad tisular dando las características hápticas al material conservado. Las sales utilizadas en las soluciones (sulfito de sodio, nitrato de amonio, nitrato de potasio), junto con la morfolina, tienen una gran capacidad higroscópica provocando la retención del agua en los tejidos. Oloríficamente los preparados resultan menos agresivos que los conservados con formaldehído, percibiéndose intensamente sólo al eugenol por algunos meses y luego se debilita.

Los preparados anatómicos resistieron las disecciones y las mediciones durante todo el periodo de tiempo del estudio, sin mostrar diferencias en cuanto a la forma de almacenamiento (en bolsa hermética o por inmersión). Los mismos se mantuvieron bien hidratados y pudieron ser sometidos a varias sesiones de disección sin dificultades.

Figura 51

*Diferentes planos de disección en miembro pelviano, región del muslo, fijado y conservado con el método en estudio.*



Referencia: imagen propia

Figura 52

*Diferentes planos de disección en miembro pelviano fijado y conservado con el método en estudio.*



Referencia: imagen propia

### **IV.3 Eficacia antiséptica**

En el periodo de estudio no se evidenciaron fenómenos putrefactivos. La capacidad antiséptica de las soluciones utilizadas no se ve alterada por la ausencia de formaldehído. En este estudio el ácido bórico y el eugenol, que se incorpora como fijador, reemplazarían al formaldehído en su acción desinfectante.

En referencia a la capacidad de desinfección, se puede aplicar a CFP-*Soft Fix* lo que Thiel ha descrito en sus estudios que, determinó los efectos bactericidas de las soluciones de conservación a través de experimentos cualitativos de cultivos bacteriológicos. En comparación con soluciones de formaldehído y fenol, quedó demostrado, además, que las soluciones de conservación de Thiel tienen excelente espectro para la desinfección (Thiel W, 1992).

Tampoco se encontró desarrollo de colonias fúngicas. Esto es atribuible a la excelente acción antifúngica y antibacteriana del eugenol (Parodi, y otros, 2012). La eficacia de la técnica en cuanto a la desinfección se confirmó cualitativamente, ya que ninguno de los preparados mostró desarrollo micológico durante el periodo de estudio.

### **IV.4. Evaluación de la conservación del color**

La evaluación de la conservación del color de los miembros pelvianos se hizo por simple observación, no mostrando grandes diferencias a lo largo del periodo de estudio. Cabe mencionar que los miembros conservados en la solución de inmersión toman una coloración ocre debido a la oxidación del eugenol, la cual se revierte luego del escurrimiento, volviendo al color original. La conservación del color se debería probablemente a los nitratos presentes en las soluciones, que forman nitrosomioglobina al reaccionar con la mioglobina muscular.

### **IV.5. Medición de la flexibilidad articular y la elasticidad de los tejidos del miembro pelviano.**

Los resultados de la medición del parámetro flexibilidad articular fueron diferentes para las articulaciones coxal, genu y del tarso.

La flexibilidad de las articulaciones se calculó como la diferencia entre los grados del ángulo de referencia y los grados del ángulo flexión registrado en cada momento (diferencia en grados).

El análisis estadístico se realizó en base a la diferencia de la flexibilidad relativa al tiempo basal. Esto es, la diferencia entre la observación de flexibilidad en un momento determinado del tiempo respecto del primer día en que se registró la flexibilidad de esa

articulación. Esto se realizó con la intención de visualizar el cambio relativo de la flexibilidad en el tiempo, haciendo una comparación entre los distintos conejos.

Para las articulaciones coxal y femorotibial, la interacción forma de conservación-tiempo resulta no significativa, lo que significa que no existen diferencias entre las dos formas de almacenamiento en función de los días transcurridos ( $p=0.6485$  y  $p=0.53$ , respectivamente).

Cuando se analizó la diferencia relativa de flexibilidad de la articulación coxal respecto al día basal, se encuentran diferencias significativas de acuerdo a la forma de conservación utilizada ( $p=0.0177$ ). Esto es, existe un aumento de la flexibilidad relativa promedio de los miembros pelvianos conservados en inmersión con respecto a los conservados en bolsa con cierre hermético, sin solución. No se observaron diferencias significativas en cuanto al tiempo ( $p=0.7442$ ) para esta articulación.

La diferencia relativa de flexibilidad de la articulación femorotibial respecto al día basal no mostró diferencias significativas según la forma de conservación utilizada ( $p=0.1449$ ). Por otra parte, la flexibilidad relativa de esta articulación mostró un aumento significativo con respecto al factor tiempo ( $p<0.0001$ ).

Al analizar la diferencia relativa de flexibilidad del tarso respecto al día basal, se observó que la interacción entre forma de conservación y día de medición es significativa ( $p=0.0092$ ). Esto indica que la flexibilidad relativa promedio del tarso de los miembros pelvianos es diferente para ambas formas de conservación según los días en que han sido evaluadas. Se observa que para las piezas conservadas en solución de inmersión hay una disminución de la flexibilidad con el tiempo.

Al realizar el análisis estadístico del cambio relativo de la flexibilidad entre los distintos conejos en el tiempo, se desprende que:

- En la articulación coxal, hay diferencias entre las dos formas de conservación: en los preparados almacenados en bolsa con cierre hermético la flexibilidad no se modificó con el paso del tiempo; en cambio en los conservados en solución de inmersión se observó un aumento de la flexibilidad en el tiempo.

- En la articulación genu, ambas formas de conservación mantienen la flexibilidad de los preparados, con un aumento relativo en el tiempo.

- En la articulación del tarso, al igual que en la articulación coxal, hay diferencias entre las dos formas de conservación: no se observaron cambios con la bolsa con cierre hermético, pero hay una disminución de la flexibilidad en el tiempo para la conservación en solución de inmersión.

Los resultados demuestran que en la articulación genu, para ambas formas de conservación se mantiene la flexibilidad de los preparados, si bien ésta va aumentando en el tiempo.

Los resultados del análisis para la articulación del tarso, al igual que para la articulación coxal, no mostraron cambios estadísticamente significativos en la flexibilidad entre las dos formas de conservación. Se observa que para la conservación en solución de inmersión hay una disminución de la flexibilidad con el tiempo.

Para la articulación coxal, los resultados obtenidos indican que hay diferencias significativas entre las dos formas de almacenamiento con respecto al tiempo: en bolsa con cierre hermético no se modificaron las flexibilidades con el paso del tiempo, mientras que los conservados en solución de inmersión mostraron un aumento de la flexibilidad.

Estos resultados permiten asegurar que la mejor forma para la conservación post-fijación es en bolsa con cierre hermético, sin solución y a temperatura ambiente.

En la tabla 6 se muestran los resultados de las mediciones para cada articulación de cada uno de los especímenes del estudio, que se expresan en promedios  $\pm$  desviación estandar.

Tabla 6

*Promedios de las mediciones de los ángulos articulares en las articulaciones coxal, genu y del tarso.*

Especimen	Articulación	Miembros Pelvianos Derechos conservados en inmersión			Miembros Pelvianos Izquierdos conservados en bolsa cierre hermético a temperatura ambiente		
		Ángulo de referencia (°)	Flexión (°)	Diferencia (°)	Ángulo de referencia (°)	Flexión (°)	Diferencia (°)
<b>Conejo I</b>	Coxal	120	61,80 ± 3,16	58,20 ± 3,16	120	60 ± 0,01	60 ± 0,01
	Genu	120	72,55 ± 1,33	47,45 ± 1,33	120	73,35 ± 0,76	46,65 ± 0,76
	Tarso	135	107,55 ± 3,84	27,45 ± 3,84	135	88,85 ± 1,00	46,15 ± 1,00
<b>Conejo II</b>	No Procesado						
<b>Conejo III</b>	Coxal	120	53,69 ± 2,69	66,31 ± 2,69	120	52,51 ± 3,76	67,49 ± 3,76
	Genu	120	67,97 ± 4,90	52,03 ± 4,90	120	66,28 ± 2,21	53,72 ± 2,21
	Tarso	135	102 ± 9,86	32,97 ± 9,86	135	91,03 ± 2,04	43,97 ± 2,04
<b>Conejo IV</b>	Coxal	120	68,53 ± 0,89	51,47 ± 0,89	120	60 ± 0,01	60 ± 0,01
	Genu	130	64,21 ± 1,84	65,79 ± 1,84	135	73,26 ± 0,68	61,74 ± 0,68
	Tarso	125	70,79 ± 1,85	54,21 ± 1,85	115	61,45 ± 2,29	53,55 ± 2,29
<b>Conejo V</b>	Coxal	120	49,03 ± 1,81	70,97 ± 1,81	120	53,09 ± 3,69	66,91 ± 3,69
	Genu	125	69,21 ± 2,50	55,79 ± 2,50	125	65,74 ± 1,79	59,26 ± 1,79
	Tarso	115	88,82 ± 3,90	26,18 ± 3,90	115	90,44 ± 1,43	24,56 ± 1,43
<b>Conejo VI</b>	Coxal	110	49,03 ± 1,69	60,97 ± 1,69	110	53,09 ± 3,46	56,91 ± 3,46
	Genu	120	69,03 ± 2,32	50,97 ± 2,32	120	65,61 ± 1,65	54,39 ± 1,65
	Tarso	115	82,91 ± 2,70	32,23 ± 2,70	115	89,58 ± 1,21	25,57 ± 1,21
<b>Conejo VII</b>	Coxal	120	68,14 ± 0,52	51,86 ± 0,52	120	60 ± 0,01	60 ± 0,01
	Genu	120	75 ± 0,01	45 ± 0,01	120	75 ± 0,01	45 ± 0,01
	Tarso	135	100 ± 0,01	35 ± 0,01	135	90 ± 0,01	45 ± 0,01

<b>Conejo VIII</b>	Coxal	120	$65 \pm 0,01$	$55 \pm 0,01$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	115	$75 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$	115	$72 \pm 0,01$	$43 \pm 0,01$
	Tarso	130	$95 \pm 0,01$	$35 \pm 0,01$	130	$90 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$
<b>Conejo IX</b>	Coxal	120	$70 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	130	$60 \pm 0,01$	$70 \pm 0,01$	135	$75 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Tarso	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	115	$65 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
<b>Conejo X</b>	Coxal	120	$80 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$	120	$70 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
	Genu	125	$60 \pm 0,01$	$65 \pm 0,01$	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
	Tarso	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	125	$65 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
<b>Conejo XI</b>	Coxal	120	$68,15 \pm 0,54$	$51,85 \pm 0,54$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	120	$73,04 \pm 1,39$	$46,96 \pm 1,39$	120	$73,54 \pm 0,90$	$46,46 \pm 0,90$
	Tarso	130	$106,23 \pm 4,22$	$23,77 \pm 4,22$	130	$89,31 \pm 0,97$	$40,69 \pm 0,90$
<b>Conejo XII</b>	Coxal	120	$84,85 \pm 0,36$	$35,15 \pm 0,36$	120	$79,62 \pm 0,80$	$40,38 \pm 0,80$
	Genu	125	$64,77 \pm 0,42$	$60,23 \pm 0,42$	125	$72,54 \pm 0,85$	$52,46 \pm 0,85$
	Tarso	125	$74,77 \pm 0,42$	$50,23 \pm 0,42$	125	$64,54 \pm 0,85$	$60,46 \pm 0,85$
<b>Conejo XIII</b>	Coxal	115	$52,88 \pm 3,19$	$62,13 \pm 3,19$	115	$50,96 \pm 4,11$	$64,04 \pm 4,11$
	Genu	120	$69,83 \pm 5,50$	$50,17 \pm 5,50$	120	$67,08 \pm 2,51$	$52,92 \pm 2,51$
	Tarso	130	$97,04 \pm 8,82$	$32,96 \pm 8,82$	130	$91,67 \pm 2,40$	$38,33 \pm 2,40$
<b>Conejo XIV</b>	Coxal	120	$68,83 \pm 1,00$	$51,17 \pm 1,00$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	130	$63,75 \pm 2,21$	$66,25 \pm 2,21$	135	$73,42 \pm 0,81$	$61,58 \pm 0,81$
	Tarso	125	$71,25 \pm 2,21$	$53,75 \pm 2,21$	115	$62,29 \pm 2,54$	$52,71 \pm 2,54$
<b>Conejo XV</b>	Coxal	120	$48,43 \pm 2,11$	$71,57 \pm 2,11$	120	$51,90 \pm 4,32$	$68,10 \pm 4,32$
	Genu	125	$69,95 \pm 2,97$	$55,05 \pm 2,97$	125	$66,19 \pm 2,18$	$58,81 \pm 2,18$
	Tarso	115	$88,10 \pm 4,86$	$26,90 \pm 4,86$	115	$90,71 \pm 1,79$	$24,29 \pm 1,79$
<b>Conejo XVI</b>	Coxal	110	$48,43 \pm 2,11$	$61,57 \pm 2,11$	110	$51,90 \pm 4,32$	$58,10 \pm 4,32$
	Genu	120	$68,66 \pm 2,76$	$50,89 \pm 2,76$	120	$65,31 \pm 2,01$	$54,23 \pm 2,01$
	Tarso	115	$83,58 \pm 2,39$	$31,63 \pm 2,39$	115	$89,33 \pm 1,50$	$25,87 \pm 1,50$
<b>Conejo XVII</b>	Coxal	120	$68,24 \pm 0,66$	$51,76 \pm 0,66$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	120	$75 \pm 0,01$	$45 \pm 0,01$	120	$75 \pm 0,01$	$45 \pm 0,01$
	Tarso	135	$100 \pm 0,01$	$35 \pm 0,01$	135	$90 \pm 0,01$	$45 \pm 0,01$

<b>Conejo XVIII</b>	Coxal	120	$65 \pm 0,01$	$55 \pm 0,01$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	115	$75 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$	115	$72 \pm 0,01$	$43 \pm 0,01$
	Tarso	130	$95 \pm 0,01$	$35 \pm 0,01$	130	$90 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$
<b>Conejo XIX</b>	Coxal	120	$70 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	120	$60 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Genu	130	$60 \pm 0,01$	$70 \pm 0,01$	135	$75 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$
	Tarso	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	115	$65 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
<b>Conejo XX</b>	Coxal	120	$80 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$	120	$70 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
	Genu	125	$60 \pm 0,01$	$65 \pm 0,01$	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$
	Tarso	125	$75 \pm 0,01$	$50 \pm 0,01$	125	$65 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$

Referencias: n= 19

La elasticidad de los músculos fue evaluada en el momento de la flexión durante la medición de los ángulos articulares, tomándose como parámetro la resistencia a la maniobra. No se encontraron variaciones en este parámetro para ninguno de los tiempos estudiados.

#### **IV.6. Medición centimétrica de los perímetros musculares**

Los resultados de la medición de la circunferencia muscular del muslo para cada conejo, realizada en los mismos días en que se evaluó la flexibilidad de las articulaciones, mostró que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.4673$ ) entre las dos formas de conservación. Sin embargo, el análisis revela que dicho parámetro disminuye estadísticamente entre un 2% y un 4% ( $p < 0.001$ ) en los primeros días de conservación (entre los días 50 y 100) y luego se mantiene estable para ambas formas de conservación.

La disminución de la circunferencia muscular de los miembros pelvianos indicaría una reducción del volumen de los distintos grupos musculares, lo que podría reflejar una pérdida de masa muscular.

#### **IV.7. Análisis Histológico**

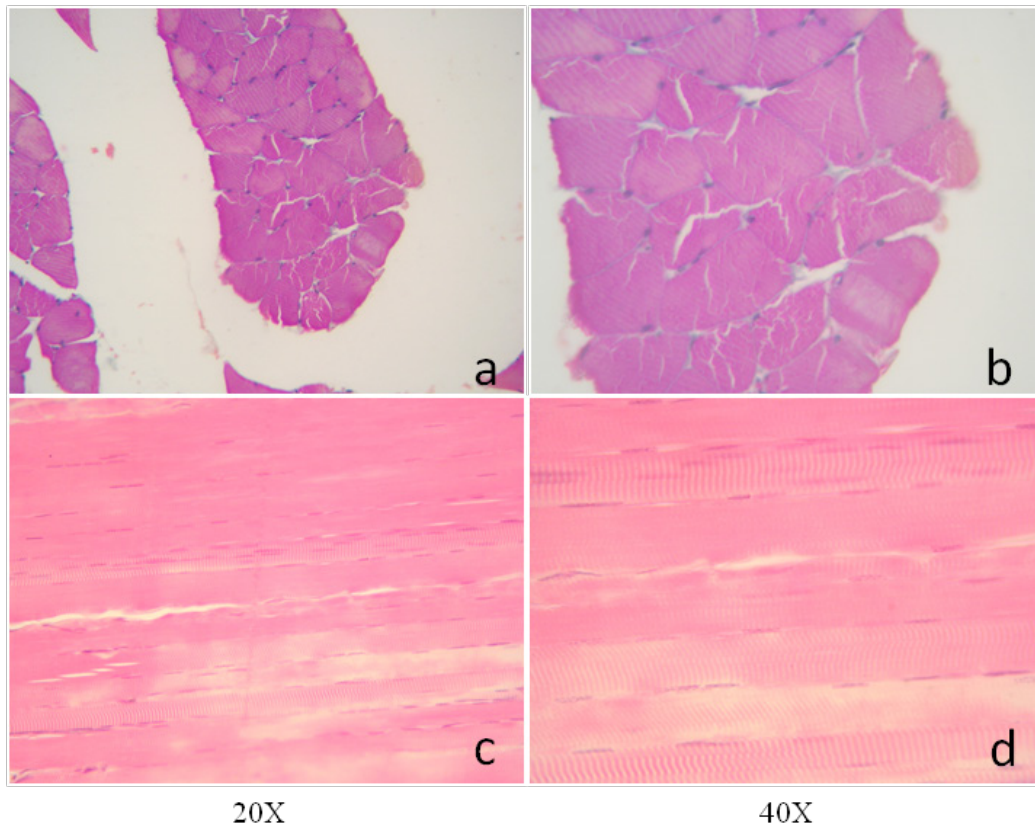
Se han realizado estudios histológicos para comparar las características microscópicas de las fibras musculares y de los tendones de muestras frescas, obtenidas previamente a la inyección de las soluciones fijadoras (tiempo 0), y otras procesadas de acuerdo al método CFP–*Soft Fix*, a diferentes tiempos de conservación (tiempos I, II, III, IV y V).

El estudio histológico de las muestras de tejido muscular mostró diferencias sustanciales de acuerdo con el tiempo de conservación al cuál se realiza, pero no en cuanto a las dos formas de preservación.

En los preparados histológicos de las muestras a tiempo 0 se observó una estructura muscular normal, en la que las fibras musculares presentan núcleos periféricos y estriaciones transversales, con su cubierta conjuntiva (endomisio) conservada (Figura 53).

Figura 53

*Histología de las fibras musculares estriadas esqueléticas normales (tiempo 0, previamente a la perfusión).*



Referencias: *Coloración de hematoxilina-eosina.* a y b- corte transversal; c y d- corte longitudinal. Se observan los núcleos periféricos y las estriaciones transversales. Aumentos 20X y 40X, respectivamente.

Las muestras obtenidas inmediatamente luego de la perfusión de las soluciones fijadoras (tiempo I) mostraron algunas fibras musculares tumefactas, con escasos núcleos, estriaciones transversales parcialmente conservadas y vacuolización sarcoplasmática. En las muestras obtenidas luego de 7 días de inmersión del cadáver completo (tiempo II) se observó una imagen del tejido muscular equivalente a estadios iniciales de una necrosis por coagulación, donde se conserva la forma de las fibras, pero no se observan los núcleos ni las estriaciones transversales típicas del músculo esquelético. El sarcoplasma de algunas fibras es acidófilo y de aspecto homogéneo y el de otras presenta vacuolas.

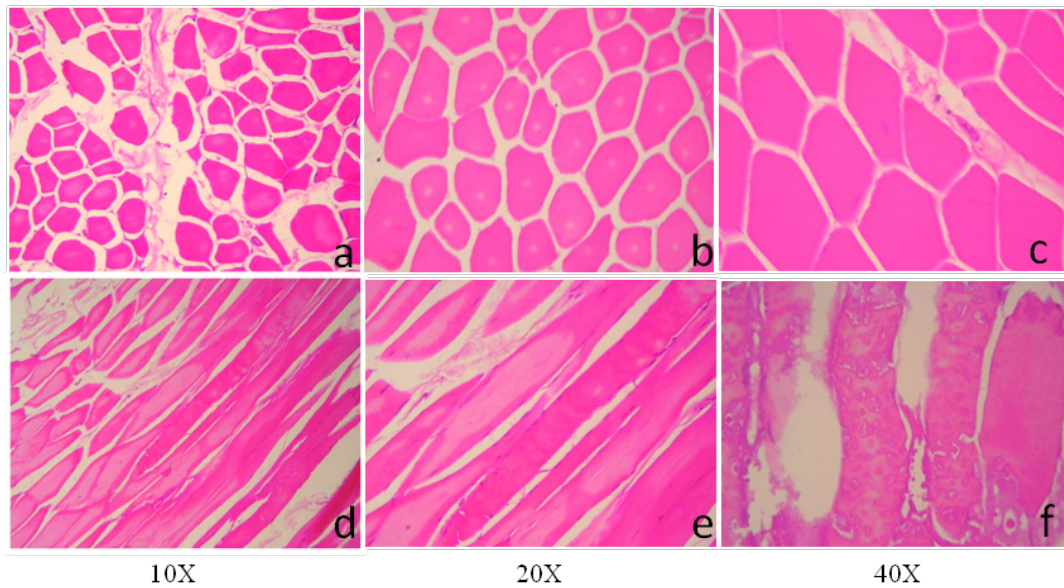
Luego de 14 días de inmersión (tiempo III) la imagen del tejido muscular es la típica de una necrosis por coagulación, en la que las fibras musculares aparecen como si hubieran sido “picadas” o “molidas” (sin núcleos, con sarcoplasma acidófilo y homogéneo y sin estriaciones), pero contenidas en una vaina de colágeno (endomisio) que permanece intacta (Figura 54). Se observa también que las otras vainas conjuntivas,

el perimysio y el epimysio, se encuentran conservadas, manteniéndose así la estructura macroscópica del músculo (Figura 55).

Las alteraciones histológicas descritas para las muestras de tiempo III se mantuvieron a lo largo del tiempo, es decir, en las muestras IV y V.

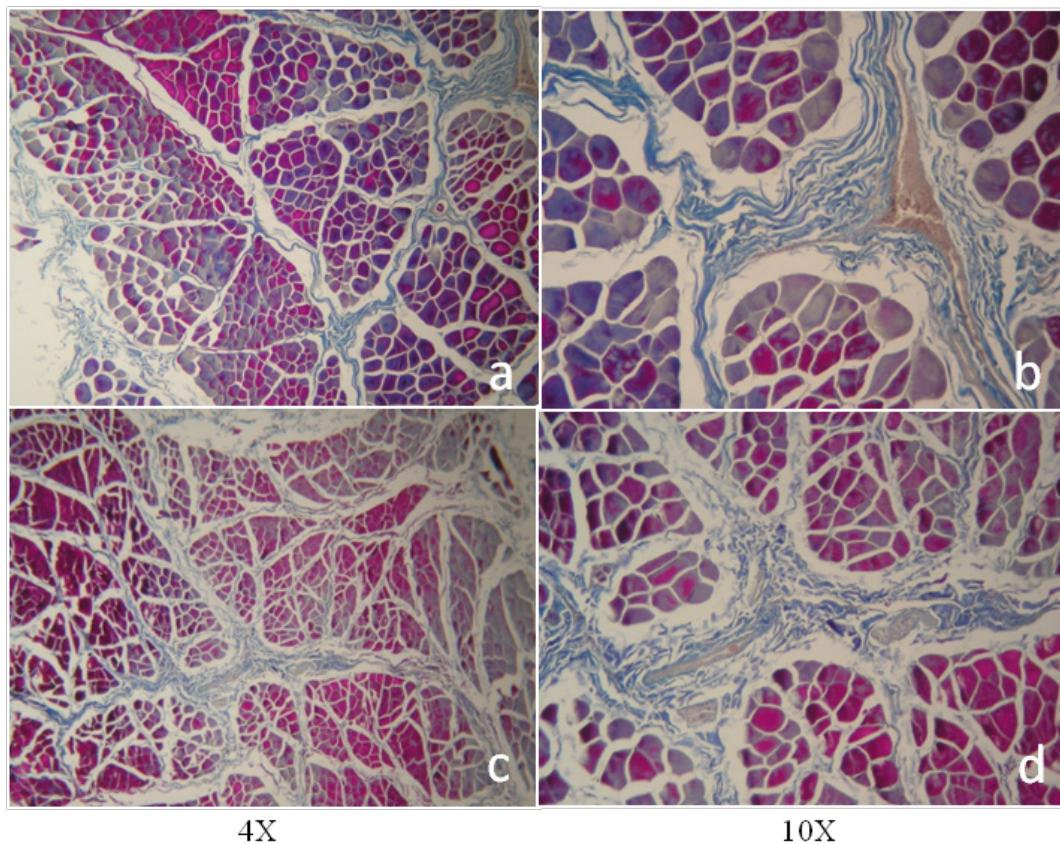
Figura 54

*Histología de las fibras musculares estriadas esqueléticas luego de los 7 meses de preservación (tiempo V).*



Referencias: *Coloración de hematoxilina-eosina*. a, b y c- corte transversal; d, e y f- corte longitudinal. Se observan fibras musculares sin núcleos, sin estriaciones y con sarcoplasma acidófilo y homogéneo o con vacuolas. Aumentos 10X, 20X y 40X, respectivamente.

Figura 55  
Estructura del músculo estriado esquelético.



Referencias: *Coloración tricrómica de Masson*. a y b- Tiempo 0 (previamente a la perfusión); c y d- Tiempo V (luego de 7 meses de preservación). Se observan las vainas conjuntivas perfectamente conservadas. Aumentos 4X y 10X, respectivamente.

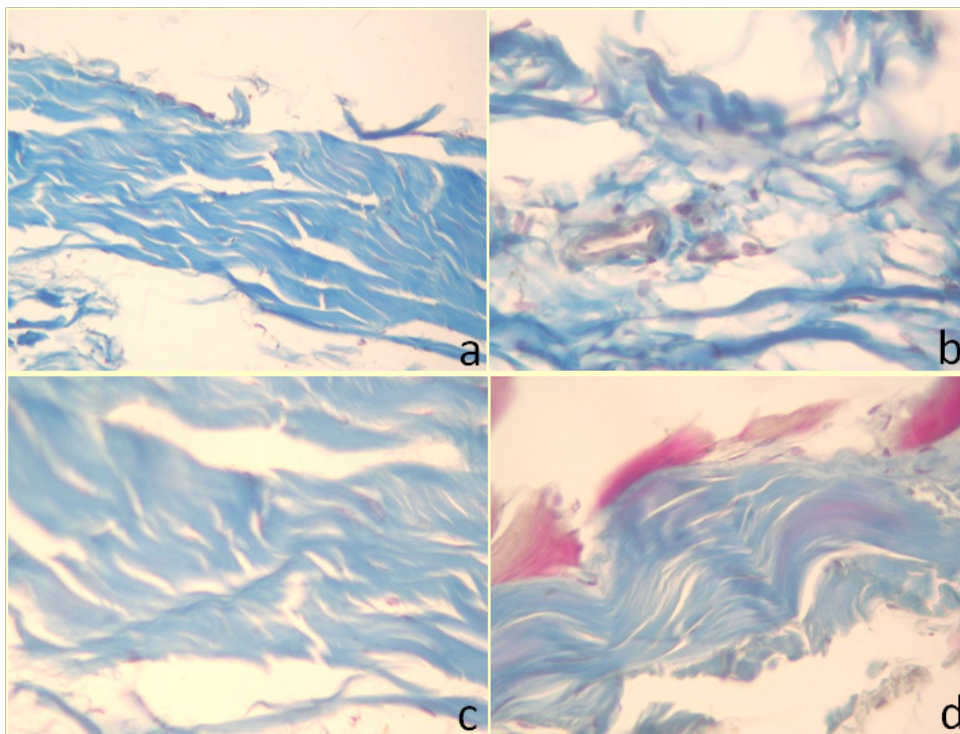
Se sabe que los ácidos tienen efectos muy corrosivos sobre las proteínas y, en nuestro caso, sobre las proteínas musculares (Benkhadra, y otros, 2011). El único ácido que está presente en las soluciones de conservación es el ácido bórico, por lo que se sospecha que es la razón del daño observado en el tejido muscular. No puede atribuirse a los otros productos químicos que componen las soluciones de embalsamamiento, esta singular desnaturalización de la estructura muscular (Hayashi et al., 2016).

El estudio histológico de las muestras del tejido conjuntivo que forma los tendones también mostró diferencias sustanciales de acuerdo al tiempo de preservación al cuál se realizó, no habiendo diferencias en cuanto a la forma de conservación.

Los cambios fueron visibles particularmente con la tinción tricrómica de Masson (coloración específica para las fibras de colágeno), no resultando de mayor utilidad la tinción de picrosirius Red-hematoxilina. En los preparados histológicos de las muestras a tiempos 0 y I se observó que los tendones tenían una estructura histológica normal, en

la que el tejido conjuntivo denso no modelado mostraba los característicos haces de fibras colágenas y núcleos de fibroblastos conservados (Figura 56, a y b). En las muestras obtenidas luego de 7 días de inmersión del cadáver completo se observó una imagen del tejido conjuntivo de aspecto similar al de las muestras a tiempo 0 pero con menor cantidad de núcleos de fibroblastos. Luego de 14 días de inmersión (tiempo III), las imágenes del tejido conjuntivo de los tendones mostraron fibras colágenas normales, pero de aspecto ondulado -típico de isquemia- y ausencia de núcleos de fibroblastos (Figura 56, c y d). Las características observadas en las muestras a tiempo III se replican en las muestras a los tiempos IV y V.

Figura 56  
*Histología del tejido conjuntivo de los tendones.*



Referencias: *Coloración tricrómica de Masson*. a y b- Tiempo 0 (previo a la perfusión), estructura histológica normal; c y d- Tiempo V (luego de 7 meses de preservación), donde se observan fibras colágenas normales pero de aspecto ondulado -típico de isquemia- y ausencia de núcleos de fibroblastos. Aumentos: a- 20X, b, c y d- 40X.

Las modificaciones histológicas observadas en las muestras de músculo de los miembros pelvianos conservados por el método *CFP-Soft Fix*, posiblemente podrían explicar la excepcional flexibilidad de estos preparados y la disminución de la circunferencia muscular observada. Las fibras musculares perdieron su estructura

característica, pero permanecen contenidas en sus vainas de colágeno, intactas, preservando así la arquitectura general del músculo. En este sentido, si bien el examen con microscopio de luz no mostró alteraciones significativas en la estructura del tejido conjuntivo en general, no se puede excluir la posibilidad de que existan alteraciones en la ultraestructura del colágeno. Así, la estructura del colágeno debería ser estudiada más detenidamente por microscopía electrónica.

## CAPITULO V. CONCLUSIÓN

Desde hace mucho tiempo, las técnicas tradicionales de conservación de cadáveres utilizan diversos fijadores y preservantes. El más frecuentemente utilizado es el formaldehído, al que se le atribuye carácter tóxico y se lo ha relacionado con diversas patologías, tanto agudas como crónicas. Cuando se pretende fijar y conservar un cadáver o parte de este por tiempo prolongado para fines académicos o didácticos mediante estas técnicas tradicionales, se requieren altas concentraciones de formaldehído, lo cual incrementa el riesgo de toxicidad para los operarios y/o usuarios.

Por esta razón, han ido surgiendo diversas técnicas que utilizan cantidades mínimas de formaldehído para la preservación a largo plazo, siendo la de Thiel una de las más importantes.

Con el método CFP-*Soft Fix*, desarrollado en este estudio y basado en la técnica de Thiel para conservar cadáveres humanos, se logró tanto la eliminación total del formaldehído de la fórmula, como la adaptación a animales domésticos.

La fórmula diseñada para el método CFP-*Soft Fix* resulta un producto no irritante y casi inodoro, que conserva el color, la flexibilidad y la plasticidad de los preparados muy similares a los del animal vivo. Además, preserva una amplia movilidad articular y mantiene la elasticidad de los tejidos. Da una combinación única de apariencia natural, flexibilidad, calidad, manejo de los tejidos y longevidad. El método CFP-*Soft Fix* logra la preservación prolongada de cadáveres sin los efectos tóxicos del formaldehído, conservando la textura de los tejidos similar a la del animal vivo.

El almacenamiento post-fijación más eficiente resultó ser el de bolsa de cierre hermético, a temperatura ambiente y sin líquido de conservación. Esta forma de conservación tiene dos ventajas esenciales: la primera es que evita el uso de cantidades considerables de la solución de inmersión, facilitando el manejo del espécimen y reduciendo el costo; la segunda es que no se modifica la flexibilidad de las articulaciones durante el tiempo de almacenamiento.

La conservación del color del tejido muscular es atribuida a la acción de los nitratos presentes en la fórmula sobre la mioglobina, formando nitrosomioglobina.

A través de la aplicación del método CFP-*Soft Fix* se obtienen piezas con una gran flexibilidad articular, buena elasticidad tisular y con un volumen muscular casi normal, a pesar de que la estructura histológica muscular no está conservada. Las modificaciones microscópicas observadas en las muestras de músculo y de tendones de

los miembros pelvianos conservados por esta técnica, podrían explicar su excepcional flexibilidad.

Si bien es sabido que en el estudio de la anatomía macroscópica los cadáveres (o secciones) conservados no reemplazan la preferencia general que existe sobre el uso universal de los cadáveres y secciones frescos y congelados, este método brinda una gran similitud con éstos. Sin embargo, la verdadera proyección del método radica en el uso de estos especímenes conservados en aplicaciones en las que se requieren flexibilidad y durabilidad, abriendo nuevas áreas de investigación y capacitación y extendiendo su utilización a grupos que no sean estudiantes de anatomía y/o cirugía.

Los cambios musculares inducidos por esta técnica hacen que se deba tener precaución en sus posibles aplicaciones. Las aplicaciones apropiadas serían aquellas que requieran la flexibilidad muscular lo más realista posible, tales como el entrenamiento en cirugía laparoscópica, la intubación traqueal, anestesia regional guiada con ecografía y punciones diagnósticas guiadas con ecografía. Las aplicaciones concernientes a las propiedades biomecánicas precisas de las fibras musculares deben ser consideradas con cautela. Sería muy interesante llevar a cabo un estudio comparativo de las propiedades biomecánicas de los músculos y tendones conservados por este método, con formalina o sin fijar, para poder precisar los usos apropiados e inadecuados de los cadáveres conservados.

Sería interesante además analizar la estructura histológica y la ultraestructura de otros tejidos que también son responsables de mantener un grado casi natural de movilidad y plasticidad, considerando que pueden estar siendo afectados en este procedimiento.

Mediante la aplicación del método CFP–*Soft Fix*, el estudio de la anatomía podrá desarrollarse de forma segura y no solo basado en imágenes, permitiendo el abordaje de conocimientos sobre cadáveres que se presentan con condiciones similares a la del animal vivo, pudiéndose aplicar sobre ellos, métodos complementarios como la artroscopía, laparoscopia, endoscopia y el diagnóstico por imágenes. Este tipo de aprendizaje propiciará en los estudiantes la incorporación de un conocimiento detallado de la anatomía aplicada, al facilitar el reconocimiento de estructuras y relaciones topográficas mediante la experiencia directa.

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alberty, J., Filler, T., Schmäl, F., & Peuker, E. (2002). Thiel method fixed cadaver ears. A new procedure for graduate and continuing education in middle ear surgery. *HNO*, 50(8), 739-742.
- American Veterinary Medical Association. (2013). *AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals*. (S. Leary, W. Underwood, R. Anthony, S. Cartner, C. Corey, T. Grandin, . . . R. Yanong, Edits.) Schaumburg, Illinois, EEUU.
- Barbosa, H. A. (2017). Síntesis y evaluación in vitro de los derivados de sulfonamida antiproliferativos y tripanocidas potenciales antimicrobianas de eugenol y diidroeugenol. *Disertación (Maestría en Ciencias Farmacéuticas), Universidad de Alfenas* (pág. 134 f). Alfenas: MG.
- Barbosa, J. D., Silva, V. B., Alves, P. B., Gumina, G., Santos, R. L., Sousa, D. P., & Cavalcanti, S. C. (2012). Structure-activity relationships of eugenol derivatives against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Pest Management Science*, 68, 1478-1483.
- Barone R. (1989). *Anatomie Comparee Des Mammiferes Domestiques*. (Tercera ed.). París, Francia: Vigot Maloine.
- Barone, R., Pavaux, C., Blin, P. C., & Cuq, P. (1973). *Atlas d'anatomie du lapin*. Paris: Mason.
- Baskaran, Y., Periyasamy, V., & Venkatraman, A. C. (2010). Investigation of antioxidant, anti-inflammatory and DNA-protective properties of eugenol in thioacetamide-induced liver injury in rats. *Toxicology*, 268, 204-212.
- Bendre, R. S., Rajput, J. D., Bagul, S. D., & Karandikar, P. S. (2016). Outlooks on medicinal properties of eugenol and its synthetic derivatives. *Natural Products Chemistry & Research*, 4(212), 2-6. doi: 10.4172/2329-6836.1000212
- Benkhadra, M., Bouchot, A., Gérard, J., Genelot, D., Trouilloud, P., Martin, L., . . . Feigl, G. (2011). Flexibility of Thiel's embalmed cadavers: the explanation is probably in the muscles. *Surgical and radiologic anatomy*, 33(4), 365-368. doi:10.1007/s00276-010-0703-8

- Benkhadra, M., Gerard, J., Genelot, D., Trouilloud, P., Girard, C., Anderhuber, F., & Feigl, G. (2010). Is Thiel's embalming method widely known? A world survey about its use. *Surg Radiol Anat*, 359–363.
- Berkj, B. (1987). Cytologic Examination of the Nasal Mucosa in Formaldehyde Exposed Workers. *Occup Med*, 29, 681-684.
- Bertone, V. H., Blasi, E., Ottone, N. E., & Dominguez, M. L. (2011). Walther Thiel method for the preservation of corpses with maintenance of the main physical properties of vivo. *Revista Argentina de Anatomía Online*, 2(3), 89-92.
- Brenner, E. (2014). Human body preservation old and new techniques. *Journal of anatomy*, 224(3), 316–344.
- Clark, G. (1981). *Staining procedures*. (Cuarta ed.).
- Comité Asesor de Bioética. (2009). Aspectos bioéticos del uso de animales de experimentación en Investigación científica en Chile: la experiencia de Fondecyt. (G. Méndez, M. J. Santos, F. Valenzuela, P. Michaud, R. Téllez, S. Núñez, . . . M. E. Boisier, Edits.) *fondecyt.*, 61-112.
- Cortés Rojas, D. F., Souza, C. R., & Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 90-96.
- De Jong, K., & Henry, R. W. (2007). Silicone plastination of biological tissue: Cold-temperature technique – Biodur™ S10/S15 Technique and Products. *J. Int. Soc. Plastination*, 22, 2-14.
- De Segura, I. Á. (2007). *Métodos de anestesia, analgesia y eutanasia*. Departamento de Cirugía Experimental Hospital Universitario. Madrid: La Paz.
- Denis Rodríguez, E., Denis Rodríguez, P. B., Melo Santiesteban, G., Benitez, J., Jiménez Baltazar, C., Aguirre Gutiérrez, Á., & Infanzón Ruiz, R. (2016). Método Thiel soft-fix para la preservación de cadáveres a largo plazo. *Revista Mexicana de Medicina forense y ciencias de la salud*.
- Devi, K. P., Nisha, S. A., Sakthivel, R., & Pandian, S. K. (2010). Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of Ethnopharmacology*, 130, 107-115.

- Dyce, K., Sack, W., & Wensing, C. (1999). *Anatomía Veterinaria*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Eisma, R., Lamb, C., & Soames, R. W. (2013). From formalin to Thiel embalming: What changes? One anatomy department's experiences. *Clinical Anatomy*, 26(5), 564-571.
- Ferrer Cagigal, A. (1917). Modificaciones al metodo conservador para piezas anatomopatológicas de Kaiserling. *publications de l'institut d'est:tidis catalans*.
- García del Moral, R. (1993). *Laboratorio de anatomía patológica*. Científica Interamericana.
- Geymayer, P., & Gütebier, T. (1979). Polyethylenglykole, ihre Chemie und Anwendung in der Präparationstechnik. *Der Präparator*, 25(2), 65-70.
- Gill, O. A., & Holley, A. R. (2006). Disruption of Escherichia coli, Listeria monocytogenes and Lactobacillus sakei cellular membranes by plant oil aromatics. *International Journal of Food Microbiology*, 108, 1-9.
- Goodman, L. S., & Gilman, A. (1975). *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. (Quinta ed.). (L. S. Goodman, & A. Gilman, Edits.) Nueva York: Macmillan Publishing Co., Inc. Recuperado el 2015
- Gosselin, R. E., Hodge, H. C., Smith, R. P., & Gleason, M. N. (1976). *Clinical Toxicology of Commercial Products* (4th ed., Vol. II). Baltimore: Williams and Wilkins.
- Groscurth, P., Eggli, P., Kapfhammer, J., Rager, G., Hornung, J. P., & Fasel, J. D. (2001). Gross anatomy in the surgical curriculum in Switzerland: improved cadaver preservation, anatomical models, and course development. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 265(6), 254-256. doi: <https://doi.org/10.1002/ar.10030>
- Guenette, S. A., Beaudry, F., Marier, J. F., & Vachon, P. (2006). Pharmacokinetics and anesthetic activity of eugenol in male Sprague–Dawley rats. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 29, 265-270. doi:10.1111/j.1365-2885.2006.00740.

- Hammer, N., Löffler, S., Bechmann, I., Steinke, H., Hädrich, C., & Feja, C. (2014). Comparison of modified thiel embalming and ethanolglycerin fixation in an anatomy environment: Potentials and limitations of two complementary techniques. *American Association of Anatomists*, 8, 74-85. doi:10.1002/ase.1450
- Harvey, S. C. (1980). Antiseptics and Disinfectants; Fungicides; Ectoparasiticides. En A. G. Gilman, & L. S. Goodman, *Gilman, A. Goodman and Gillman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics* (Sexta ed., pág. 971).
- Hassan, S., Eisma, R., & Harry, L. E. (2014). Surgical training of anastomotic technique using Thiel cadaver. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(10), e250-e251.
- Hayashi, S., Homma, H., Naito, M., Oda, J., Nishiyama, T., Kawamoto, A., . . . Hatayama, N. (2014). Saturated salt solution method: a useful cadaver embalming for surgical skills training. *Medicine*, 27, 93. doi:10.1097/MD.000000000000196
- Hayashi, S., Naito, M., Kawata, S., Qu, N., Hatayama, N., Hirai, S., & Itoh, M. (2016). History and future of human cadaver preservation for surgical training: from formalin to saturated salt solution method. *Anatomical science international*, 91(1), 1-7. doi:https://doi.org/10.1007/s12565-015-0299-5
- Healy, S. E., Rai, B. P., Biyani, C. S., Eisma, R., Soames, R. W., & Nabi, G. (2015). Thiel embalming method for cadaver preservation: a review of new training model for urologic skills training. *Urology*, 85(3), 499-504.
- Hemaiswarya, S., & Doble, M. (2009). Synergistic interaction of eugenol with antibiotics against Gram negative bacteria. *Phytomedicine*, 16(11), 997-1005.
- Horvath, E. P., Anderson, H., Pierce, W. E., Hanrahan, L., & Wendlick, J. D. (1998). Effects of formaldehyde on the mucous membranes and lungs: A study of an industrial population. *Jama*, 295(5), 701-707. doi: jama.1988.03720050037020
- International Agency for Research on Cancer. (1990). Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and painting. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *IARC Working Group on the Evaluation of the*

*Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans: some Organic Solvents, 1988.*, (pág. 47). Lyon.

- International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (I.C.V.G.A.N.). (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria* (Sexta ed.). (H. Gasse, W. Van Den Broeck, J. Seeger, M. Stoffel, F. Sinowatz, & P. Cornillie, Edits.) Hanover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO (U.S.A.),.
- Jaung, R., Cook, P., & Blyth, P. (2011). A comparison of embalming fluids for use in surgical workshops. *Clinical anatomy*, 24(2), 155-161.
- Kamatou, G. P., Vermaak, I., & Viljoen, A. M. (2012). Eugenol from the remote Maluku Islands to the international market place: a review of a remarkable and versatile molecule. *Molecules*, 17(6), 6953-6981.  
doi:<https://doi.org/10.3390/molecules17066953>
- Karakitsios, I., Saliev, T., McLeod, H., Ahmad, S., Eisma, R., & Melzer, A. (2012). Response of Thiel-embalmed Human Liver and Kidney to MR-guided Focused Ultrasound Surgery. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 57, 975-975. doi:10.1515/bmt-2012-4380
- Kerckaert, I., Van Hoof, T., Pattyn, P., & D'Herde, K. (2008). Endogent: centre for anatomy and invasive techniques. *Anatomy - International Journal of Experimental and Clinical Anatomy*, 2, 28-33.
- König, H. E., Probst, A., Dier, H., & Sora, M. C. (2013). Production of anatomical specimens for teaching practice in veterinary anatomy by means of polyethylene glycol (PEG) impregnation. A comparison with the method of plastination. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, ex Agro-Ciencia*, 29(1), 59-64.
- Krieger, R. (Ed.). (2001). *Handbook of Pesticide Toxicology* (Segunda ed., Vol. II). San Diego, California: Academic Press.
- Latorre, R., & Henry, R. W. (2007). Polyester Plastination of Biological Tissue: P40 Technique for Body Slices. *Journal of the International Society for Plastination*, 22, 69-77.

- Lewis, R. J. (2007). *Hawley's Condensed Chemical Dictionary* (Decimo Quinta ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Li, W., Chen, H., He, Z., Han, C., Liu, S., & Li, Y. (2015). Influence of surfactant and oil composition on the stability and antibacterial activity of eugenol nanoemulsions. *LWT-Food Science and Technology*, *62*(1), 39-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.012>
- Mackerness, C. W., Leach, S. A., Thompson, M. H., & Hill, M. J. (1989). The inhibition of bacterially mediated N-nitrosation by vitamin C: relevance to the inhibition of endogenous N-nitrosation in the achlorhydric stomach. *Carcinogenesis*, *10*(2), 397-399. doi:10.1093/carcin/10.2.397
- McGuire, R. G., & Dimitroglou, D. A. (1999). Evaluation of shellac and sucrose ester fruit coating formulations that support biological control of post-harvest grapefruit decay. *Biocontrol Science and Technology*, *9*(1), 53-65. doi:<https://doi.org/10.1080/09583159929901>
- Mignaco, R., Baetti, D., Ruiz, R., & Baldoncini, M. (2011). Técnicas para la conservación en seco de preparaciones anatómicas. *Revista Argentina de Anatomía Online*, *2*(1), 28-31.
- Moscol Gonzalez, J. A. (1983). *Técnicas de Conservación en anatomía; aportes en las Técnicas de Jakowski, parafinización y resinas: análisis crítico de la Bibliografía*. Tesis Doctoral, Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- O'Neil, M. J. (2006). The Merck Index An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. En M. J. O'Neil (Ed.). Whitehouse Station: Merck and Co., Inc.
- Ortiz Apango, A. (2011). *SAGARPA*. Recuperado el 2014, de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%>
- Parodi, T. V., Cunha, M. A., Heldwein, C. G., de Souza, D. M., Martins, Á. C., Garcia, L. D., & Heinzmann, B. (2012). The anesthetic efficacy of eugenol and the essential oils of *Lippia alba* and *Aloysia triphylla* in post-larvae and sub-adults of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea, Penaeidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *153*(3), 462-468. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2011.12.003>

- Prasad Rai, B., Tang, B., Eisma, R., Soames, R. W., Wen, H., & Nabi, G. (2012). A Qualitative Assessment of Human Cadavers Embalmed by Thiel's Method Used in Laparoscopic Training for Renal Resection. *Anatomical sciences education*, 5, 182–186.
- Preece, A. (1965). *A manual of histologic technicians*. (Segunda ed.). Little Brown.
- Pulido Guerrero, J. A., & Valderrama Sandoval, J. A. (2007). *Determinación de la concentración mínima inhibitoria de Formaldehído capaz de disminuir el crecimiento bacteriano de cepas obtenidas en piscinas de conservación cadavérica*. Bogotá: Tesis, Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Ciencias Carrera de Microbiología Industrial Bogotá.
- Racek, M. (1974). Weitere vereinfachung der paraffinierungsmethode durch verwendung von polyäthylenglykol. *Präparator*, 20, 48-49.
- Renault, S., Daverat, F., Pierron, F., Gonzalez, P., Dufour, S., Lancelleur, L., & Baudrimont, M. (2011). The use of Eugenol and electro-narcosis as anaesthetics: Transcriptional impacts on the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, 74(6), 1573-1577. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.04.009>
- Sánchez Carpio, C., Andromaco, M., Páez, R., del Rosario Barello, M., & Pedernera, G. (2012). Estudio de nuevas técnicas para conservación de piezas anatómicas, Plastinación. *Revista de Salud Pública*, 16(3), 27-32. doi: 10.31052/1853.1180.v16.n3.6957
- Sandoval, J., & Agüera, E. (1988). *Anatomía Veterinaria Aplicada*. (Segunda ed.). Barcelona, España: Salvat Editores S.A.
- Sisson, S., & Grossman, J. D. (1984). *Anatomía de los Animales Domésticos*. (Quinta ed., Vols. I - II). (R. Getty, Ed.) Barcelona, España: Salvat Editores S.A.
- Sora, M. C. (2007). Epoxy plastination of biological tissue: E12 ultra-thin technique. *Journal of the International Society for Plastination*, 22(1), 40-45.
- Sui, H. J., & Henry, R. W. (2007). Polyester plastination of biological tissue: Hoffen P45 technique. *Journal of the International Society for Plastination*, 22, 78-81.

- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2014). *Encyclopedia Britannica*. Obtenido de Encyclopædia Britannica, inc.: <https://www.britannica.com/biography/August-Wilhelm-von-Hofmann>
- Thiel W. (1992). Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 174(3), 185-195.  
doi:[https://doi.org/10.1016/S0940-9602\(11\)80346-8](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(11)80346-8)
- Thiel, W. (2002). Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach W Thiel. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 184(3), 267-269.  
doi:[https://doi.org/10.1016/S0940-9602\(02\)80121-2](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(02)80121-2)
- Torres Gámez, A. N. (2017). Generalidades de los productos cárnicos (Embutidos). Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División De Ciencia Animal.
- Trompette, P., & Lemonnier, M. (2009). Funeral embalming: the transformation of a medical innovation. *Science studies*, 22(2), 9-30.
- Uhlmann, K. (1991). Die Konservierung anatomischer Studienpräparate mit Polyethylenglykol 400. Langzeiterfahrungen und Vorstellung eines neuen, vereinfachten Verfahrens zur forcierten PEG-Imprägnation durch Luftentfeuchtung bei Normaldruck. *Präparator*, 37, 19-22.
- USEPA Office of Pesticide Programs, Health Effects Division. (2011). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. *Science Information Management Branch: "Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential"*, 14.
- Weber, W., Weiglein, A., Latorre, R., & Henry, R. W. (2007). Polyester plastination of biological tissue: P35 Technique. *Journal of the International Society for Plastination*, 22, 50-58.
- Weissermel, K., Arpe, H., Lindley, C. R., & Hawkins, S. (2003). Oxidation Products of Ethylene. En *Industrial Organic Chemistry* (págs. 159-161). Wiley-VCH.
- Wilkinson, T., & Eisma, R. (2014). From "Silent Teachers" to Models. *Plos Biology*, 12(10). Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001971>

Zheng, G. Q., Kenney, P. M., & Lam, L. K. (1992). Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*) as potential anticarcinogenic agents. *Journal of natural products*, 55(7), 999-1003.

Zúñiga, J. M., Tur Marí, J. A., & Milocco, S. N. (2001). *Ciencia y tecnología en protección y experimentación animal* (Primera ed.). Madrid, España: Mc Graw-Hill Interamericana.