



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y MORFOMÉTRICO DE HUELLAS DE
MORDEDURA DE RATÓN (*MUS MUSCULUS*) SOBRE SUPERFICIES INERTES Y
HUESO, CON FINES DE IDENTIFICACIÓN.**

PAULA ANDREA GONZÁLEZ BÓRQUEZ
Memoria para optar al Título Profesional de
Médico Veterinario.
Departamento de Patología Animal.

PROFESOR GUÍA: DR. VÍCTOR ANTONIO TOLEDO GONZÁLEZ
Universidad de Chile
FINANCIAMIENTO PROYECTO: DAP14MYCVF-1314-001

SANTIAGO, CHILE
2014



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y MORFOLÓGICO DE HUELLAS DE
MORDEDURA DE RATÓN (*MUS MUSCULUS*) SOBRE SUPERFICIES INERTES Y
HUESO, CON FINES DE IDENTIFICACIÓN.**

Nota Final

Prof. Guía: Dr. Víctor Toledo González

Profesor Corrector: Dr. Luis Ibarra Martínez.....

Profesor Corrector: Dr. Ricardo Olivares Pérez Montt.....

PAULA ANDREA GONZÁLEZ BÓRQUEZ

Memoria para optar al Título Profesional de

Médico Veterinario

Departamento de Patología Animal.

PROFESOR GUÍA: DR. VÍCTOR ANTONIO TOLEDO GONZÁLEZ

Universidad de Chile

FINANCIAMIENTO PROYECTO: DAP14MYCVF-1314-001

SANTIAGO, CHILE

2014

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradezco a mi familia y amigos por apoyarme siempre, y a mi profesor guía por confiar en mi para realizar este proyecto.

Así mismo agradecer a los funcionarios del laboratorio de Criminalística Central de la Policía de Investigaciones de Chile (LACRIM) en general, y a la sección de microanálisis en particular, por las facilidades otorgadas en el análisis de las muestras. Al programa “ABRE” del voluntariado Teletón por facilitar sus herramientas y materiales de construcción utilizados para esta memoria.

Especialmente, agradecer al Dr. Juan Stoppel, sin él, esto no habría sido posible.

Finalmente, se agradece el apoyo para la realización de la presente memoria de título, al proyecto DAP14MYCVF-1314-001-

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA.....	
ÍNDICE DE CAPÍTULOS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	V
<i>ABSTRACT</i>	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
RESULTADOS	15
Estudio morfológico:.....	15
Estudio morfométrico:.....	20
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE TABLAS

RESULTADOS	15
Estudio morfométrico:.....	20
<i>Tabla Nro. 1. Tabla comparativa de los distintos materiales.....</i>	<i>21</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

RESULTADOS	15
Estudio morfológico:.....	15
<i>Figura Nro. 1. Múltiples marcas de mordida superpuestas en PVC. Imagen obtenida con cámara digital.</i>	<i>15</i>
<i>Figura Nro. 2. Múltiples marcas de mordida superpuestas en PVC. Imagen obtenida con SEM.</i>	<i>15</i>
<i>Figura Nro. 3. Múltiples marcas de mordida en PVC. Imagen obtenida con cámara digital. Se observan las características del fondo.</i>	<i>16</i>
<i>Figura Nro. 4. Múltiples marcas de mordida en PVC, Imagen obtenida con SEM. Se observan las características del fondo.</i>	<i>16</i>
<i>Figura Nro. 5. Marca única de mordida en cable. Imagen obtenida con cámara digital.</i>	<i>16</i>
<i>Figura Nro. 6. Marca única de mordida en cable. Imagen obtenida por SEM. ...</i>	<i>16</i>
<i>Figura Nro. 7. Marcas de mordida en cable, Imagen obtenida con cámara digital. Se observan los puntos de anclaje de los incisivos superiores rodeando las marcas de mordida (rectángulos).</i>	<i>17</i>
<i>Figura Nro. 8. Marcas de mordida en cable, Imagen obtenida por SEM. Se observan los puntos de anclaje de los incisivos superiores rodeando las marcas de mordida (punta de flecha).</i>	<i>17</i>
<i>Figura Nro. 9. Múltiples marcas de mordida superpuestas en cable, Imagen obtenida con cámara digital. Se observan la destrucción del material por sobreexposición al roído.</i>	<i>17</i>
<i>Figura Nro. 10. Marcas de mordida en terciado. Imagen obtenida con cámara digital. Marca localizada en el borde del trozo de madera (punta de flecha).</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 11. Marcas de mordida en terciado. Imagen obtenida por SEM. Marca localizada en el borde del trozo de madera (punta de flecha).</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 12. Marcas de mordida en pino, imagen obtenida con cámara digital. Marca localizada en el borde del trozo de madera (puntas de flecha). ...</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 13. Marcas de mordida en pino, imagen obtenida por SEM. Marca localizada en el borde del trozo de madera (puntas de flecha).</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 14. Marcas de mordida en Pino. Imagen obtenida con cámara digital. Se observan puntos de anclaje de incisivos superiores (puntas de flecha).</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 15. Marcas de mordida en Pino. Imagen obtenida por SEM. Se observan puntos de anclaje de incisivos superiores (puntas de flecha).</i>	<i>18</i>
<i>Figura Nro. 16. Múltiples marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida con cámara digital. Se evidencian surcos relativamente anchos y separados entre sí. No se observan bordes definidos, ni características del fondo.</i>	<i>19</i>
<i>Figura Nro. 17. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida por SEM. No se observan bordes definidos, ni características del fondo.</i>	<i>19</i>

<i>Figura Nro. 18. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida con camara digital. Se evidencian surcos relativamente anchos y separados entre sí. No es posible observar bordes definidos, ni las características del fondo.</i>	<i>19</i>
<i>Figura Nro. 19. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida por SEM. No es posible observar bordes definidos, ni las características del fondo (sólo irregularidad).....</i>	<i>19</i>
DISCUSIÓN	22
<i>Figura Nro. 20. Múltiples marcas de mordida en hueso. No se observan bordes definidos, impidiendo una medición clara y objetiva.</i>	<i>23</i>
<i>Figura Nro. 22. Marcas de mordida en hueso. No se observa la cresta divisoria entre los surcos paralelos.</i>	<i>24</i>
<i>Figura Nro. 23. Zona de anclaje de los incisivos superiores. Marcas en forma de “dos pequeños puntos” que acompañan a los surcos paralelos.</i>	<i>24</i>
<i>Figura Nro. 24. Marcas de mordida en Pino con distinta iluminación. Imagen superior sin luz blanca incidental. Imagen inferior con luz blanca incidental.....</i>	<i>26</i>

RESUMEN

En diversos casos de índole criminalístico es posible que las evidencias originales sufran cambios tafonómicos, producto de la acción del ambiente y animales. En este último contexto es común la presencia de roedores, sobre todo cuando hay un cadáver fresco o en descomposición, provocando en éste cambios de las estructuras óseas producto de su actividad alimentaria o de conducta para el desgaste de sus dientes. Tales cambios y marcas provocadas por estas acciones deben ser reconocidas por los investigadores a fin de evitar falsas conjeturas sobre lo acaecido. El estudio de estas marcas de mordida recae, específicamente sobre la zooscopía. Con el fin de determinar, describir y analizar las características morfométricas y morfológicas de huellas de mordedura provocadas por ratones (*Mus musculus*) sobre superficies inertes y huesose utilizaron 20 ratones de laboratorio. A éstos se les ofrecieron trozos pequeños (<5 cm) de distintos materiales (PVC, cable, maderas y hueso) para que fueran roídos. Las huellas de mordida fueron analizadas mediante microscopía convencional y de barrido (SEM). Para el análisis morfométrico se utilizó ANDEVA con diseño factorial de comparaciones múltiples. El estudio morfológico indicó que las huellas de mordida constan de surcos paralelos o superpuestos, con un fondo plano o redondeado, y sin estrías. No obstante, en el hueso estos surcos son relativamente anchos y separados en comparación a los encontrados en los otros materiales, siendo sus bordes muy irregulares y poco definidos. El análisis morfométrico indicó una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) del PVC en relación a los otros materiales; ocurriendo lo mismo con el cable. Por otro lado, entre ambas maderas no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$), distinto a lo que ocurre entre ellas en relación al PVC y el cable.

Palabras clave: huellas de mordida, rata, ratón, zooscopía, tafonomía.

ABSTRACT

*In different cases of criminalistic nature, the original evidences may suffer taphonomic changes, due to the impact of the environment and animals. In the latter context, the presence of rodents is common, specially when there is a fresh or decaying corpse, producing on them changes in the bony structures, as a result of their feeding activity or their behavior to wear away their teeth. Those changes and marks caused by these actions must be recognized by researchers in order to avoid false assumptions about what has happened. The study of these bite-marks rests, specifically on zooscopy. In order to determine, describe and analyze the morphometric and morphological characteristics of bite-marks caused by rats (*Mus musculus*) on inert surfaces and bones, 20 laboratory rats were used. These were offered small pieces (<5 cm) of different materials (PVC, cable, woods and bone), so that they were gnawed. The bite-marks were analyzed through conventional microscopes and scanning microscopy (SEM). For the morphological analysis ANOVA with factorial design to multiple comparisons was used. The Morphologic study indicated that the bite-marks consist on parallel or overlapping rows, with a flat or rounded bottom, and without stretch marks. However, these grooves in the bone are relatively wide and separated compared to those found in other materials, being its edges very uneven and poorly defined. The morphometric analysis indicated a significant difference ($p \leq 0,05$) between PVC and the other materials; occurring the same in the cable. Furthermore, between the two woods there are not statistically significant differences ($p > 0,05$), unlike what happened between them concerning PVC and cable.*

Key words: *Bite-marks, rat, mice, zooscopy, taphonomy*

INTRODUCCIÓN

La trazología es la rama de la técnica criminalística que estudia las huellas, como impresiones de la estructura externa de los objetos, con el fin de identificarlos y esclarecer las circunstancias relacionadas con el mecanismo de formación de ellas.

Estas huellas pueden ser abordadas por diversas áreas según su origen y naturaleza. Entre las áreas se contemplan la homeoscopía, mecanoscopía y zooscopía, entre otros; dedicándose esta última a estudiar las huellas provocadas por animales y fundamentalmente mediante el uso de sus patas y dientes.

Las huellas de mordida, son patrones de heridas o impresiones que pueden ser relevantes en determinar la naturaleza de un crimen y la identificación del perpetrador.

Su mayor importancia recae sobre la odontología aplicada a la veterinaria legal y es muy relevante en los casos donde se trata de enmascarar hechos delictivos culpando a la acción de animales domésticos o salvajes, mediante la producción de lesiones parecidas a las que producen éstos al morder o desgarrar. Lamentablemente en medicina veterinaria no existe formalmente esta área de estudio y hoy, muchas de las evidencias encontradas en los sitios de suceso (SS) (dientes, mordeduras, secreciones, etc.), no son consideradas en su gran mayoría en el proceso judicial, o bien, esas evidencias son analizadas por legistas sin formación veterinaria, los cuales basan su estudio en una recolección de información forense, no estandarizada a la realidad local, escasa e incluso inexistente, lo que se traduce finalmente en un proceso de investigación ineficiente e incompleto.

Existen diversas dinámicas criminalísticas (humana y animal) en donde participan micromamíferos, como ratas y ratones, provocando cambios tafonómicos sobre restos óseos, conduciendo a equívocas conjeturas dada la carencia de conocimientos específicos en relación a ellas, y que podrían ser abordadas más eficientemente por un médico veterinario con especialización en las áreas de criminalística y medicina forense.

Es por esto que con el fin de aportar nuevas evidencias a los procesos judiciales la presente Memoria de Título pretende determinar, describir y comparar las características morfométricas y morfológicas de las huellas de mordedura provocadas por ratones (*Mus musculus*) sobre diversas superficies inertes y hueso, con fines de identificación y aplicación legal y forense.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las mordidas y el hecho de morder, han estado presentes desde que los primeros animales dentados habitaron la tierra. De esto se desprende que morder es una forma primitiva de ataque (ABFO, 1986).

Las huellas de mordida se definen como la impresión en negativo de las piezas dentarias (todas o algunas), sobre una superficie capaz de sostenerla; ésta puede ser un elemento inerte o biológico, como la piel humana (Teke, 2001).

Las huellas de mordidas, como elemento de prueba, ocupan hoy un sitio importante dentro de la ciencia forense (Rotwell y Thien, 2001).

El trabajo forense es una disciplina bien desarrollada como especialidad (Brown *et al.*, 2005), que está íntimamente ligada con: Identificación de cadáveres y restos humanos (Pretty y Addy, 2002); estimación de data de vida y muerte (Morse *et al.*, 1994); investigación e interpretación de huellas de mordedura e impresiones labiales; descripción e investigación de lesiones orales y dentales, especialmente provocadas por traumas, donde hay implicancias legales (Barsley, 1993). A pesar de la importancia de la mordedura animal, en veterinaria o medicina humana, los aspectos comparativos no llaman de igual manera la atención. Esto significa que quienes realizan o están involucrados en tales trabajos deben a menudo extrapolar de la odontología humana y hacer el mejor uso de lo que ha sido publicado en la literatura veterinaria, patología y zooarqueología. Por lo tanto, el rol del odontólogo en lo que respecta al estudio de las mordeduras es fundamental, dado que está entrenado en técnicas para la obtención y estudio de la mordida, con los materiales a usar y porque se trata de daño provocado por estructuras que le son familiares, contribuyendo de esta manera a la justicia a través del análisis de las huellas de mordedura como evidencia (Jakush, 1989).

En veterinaria las huellas de los dientes se encuentran en la práctica judicial con poca frecuencia. Esto se explica, de una parte, por su especificidad, y de la poca valoración que de ella hacen algunos especialistas desde el punto de vista criminalístico. Es muy poca la literatura que aborda este tema y debe señalarse el mérito de los médicos legistas por los esfuerzos realizados para el desarrollo de esta rama de la trazología (Correa, 2007).

La trazología es la rama de la técnica criminalística que estudia las huellas como impresiones de la estructura externa de los objetos, con el fin de identificarlos y esclarecer las circunstancias relacionadas con el mecanismo de formación de aquellas. De acuerdo con el origen y naturaleza del agente huella-productor, la ciencia trazológica, se divide en: Homeoscopía, Mecanoscopía y Zooscopía (Correa, 2007).

Esta última, por su parte, se ocupa de estudiar las huellas que producen los animales, fundamentalmente provocadas por sus patas y dientes (Correa, 2007).

Huellas de dientes

Su mayor importancia recae sobre la odontología aplicada a la veterinaria legal y es muy relevante en los casos donde se trata de enmascarar hechos delictivos culpando a la acción de animales domésticos o salvajes, mediante la producción de lesiones parecidas a las que normalmente producen estos al morder o desgarrar (Correa, 2007).

Las marcas de mordidas son patrones de heridas o impresiones que pueden ser relevantes en determinar la naturaleza de un crimen y la identificación del perpetrador (Bernstein, 2010a). Pueden ser en general definidas como un patrón hecho por dientes en un sustrato de origen humano o animal, y el sustrato puede ser piel, comida o una sustancia firme pero compresible. No obstante, por convención, el término “marca de mordida” para los odontólogos forenses significa: “una herida que, por su patrón, se puede establecer que es originada por dientes” (Bernstein, 2010b).

Las huellas de los dientes pueden ser totales o parciales. Las totales son aquellas donde la arcada superior e inferior se unen desprendiendo una porción de la superficie huella-receptora; mientras que las parciales son aquellas donde el movimiento de la mordida se detiene por algún factor determinado y queda generalmente en la superficie del instrumento huella-receptor la impresión volumétrica de ambas arcadas dentarias (Correa, 2007).

La comida y otros objetos compresibles registran una marca de mordida de la misma manera que un material de impresión, su precisión estará determinada por el sustrato y su tendencia a deformarse, deshidratarse, o descomponerse después de la mordida. Comidas como queso, chicle, glaseado, chocolate y otros dulces pueden generar impresiones en 3D utilizables bajo

condiciones favorables. Por otro lado, frutas, vegetales, mantequilla y carnes en buen estado pueden también registrar marcas de mordidas identificables, pero con mayores posibilidades de distorsión. Cabe mencionar que se han encontrado marcas de dientes también en madera y plástico (Bernstein, 2010b).

La identificación del animal productor de la huella se realiza a partir de características individuales, que pueden ser: forma particular de los dientes, su ubicación, la distancia entre ellos y/o forma anómala de la mordida (Correa 2007).

Son muchos los vertebrados que aprovechan cadáveres humanos como fuente de comida. Dentro de los más comunes se encuentran algunos caninos, ratas, cerdos, cuervos, águilas, gaviotas y algunos peces. Por otro lado, otros vertebrados que normalmente son herbívoros como las ardillas, ovejas y vacas pueden roer huesos, especialmente si se encuentran en un medio ambiente nutritivamente pobre (Gunn, 2009).

Es por esta razón que cobra importancia el lograr identificar e interpretar las marcas de mordidas; sin embargo las mordidas de ratones, gatos, perros pequeños o animales salvajes pueden ser difíciles de diferenciar entre ellas, especialmente si el individuo está en descomposición. Por consiguiente, la evaluación del SS y de las circunstancias en que fue hallado el cadáver son importantes factores en la interpretación de patrones de heridas, particularmente si el cuerpo ha sido encontrado al aire libre o en presencia de animales o insectos (Souviron, 2011).

Muchos roedores se alimentan de cadáveres, y en particular las ratas lo hacen tanto de individuos vivos como muertos (Gunn, 2009). Algunos relatos históricos de soldados o prisioneros que vivieron en pobres condiciones higiénicas, frecuentemente mencionan a ratas mordisqueando dedos de manos y pies. Las ratas (principalmente *Rattus norvegicus*), también prefieren zonas blandas y húmedas como los párpados, nariz y labios. Según lo anterior, las marcas de mordidas de estos roedores pueden haber sido hechas antes y/o después de la muerte en personas que estuvieron postradas o agonizando por algunos días por diversas causas; además son frecuentemente encontradas en cuerpos de personas en situación de calle o que viven en precarias condiciones. Un gran número de ratas son incluso capaces de

sobrepasar y matar a una persona que se encuentra en coma o muy débil como para defenderse (Gunn, 2009).

Es por esto último, su particular hábito de roer y mordisquear distintos objetos, ya que normalmente viven en zonas urbanas o asociadas a asentamientos humanos (Álvarez y Medellín, 2005 a y b), es que las ratas son consideradas como un agente tafonómico de gran importancia (Klippel y Synsteliën, 2007).

La tafonomía incluye no sólo los efectos *post-mortem* que afectan a los fósiles y sedimentos, sino que también incluye procesos diagenéticos. Se construye teniendo en cuenta las historias *post-mortem*, pre y post-entierro de los restos faunísticos. Se considera que la tafonomía de los vertebrados es el estudio de todos los procesos que ocurren en los huesos, desde el momento de la muerte del organismo y de su entierro, hasta que son recuperados y estudiados. Cuando el material óseo es recuperado de sitios arqueológicos la tafonomía incluye tanto los procesos naturales como los culturales (Gutiérrez, 2004).

Cada uno de los conjuntos óseos recuperados está compuesto por elementos individuales con sus propias historias tafonómicas, por lo cual es necesario identificar a los agentes responsables de los patrones de modificación de cada uno de ellos. Estos agentes perturbadores del registro arqueológico, responden a principios y modelos que tienen efectos físicos predecibles, y por lo tanto pueden ser identificados e inferidos (Gutiérrez, 2004).

Un agente tafonómico es la causa física de la modificación producida a un hueso y al conjunto óseo; un proceso tafonómico es la acción realizada por un agente tafonómico; y un efecto tafonómico es la modificación resultante de la alteración sufrida (Gutiérrez, 2004).

Los roedores son un agente tafonómico que puede modificar los contextos de distribución y pueden ser la causa de que se produzcan asociaciones espaciales de materiales que no habrían estado originalmente relacionados, o viceversa (Gutiérrez, 2004).

Algunos de los efectos tafonómicos de los roedores comúnmente hallados en sitios arqueológicos son las marcas de sus dientes y las cuevas o galerías que construyen (Gutiérrez, 2004).

En general, su mordisqueo se localiza en partes esqueléticas específicas, tales como bordes y regiones prominentes. Las marcas de su roído consisten en surcos, que generalmente se presentan de a pares, paralelos o superpuestos, que además son cortos y cuyo fondo es plano o redondeado y sin estrías (Haglund, 1997; Gutiérrez, 2004).

La conducta cavadora de los roedores puede alterar la distribución espacial de los hallazgos en el sitio. Existe una remoción de sedimento desde el interior hacia la superficie del terreno, a medida que estos van cavando sus cuevas, provocando desplazamientos verticales y horizontales. Los materiales pequeños son los que poseen mayor probabilidad de ser desplazados por la actividad cavadora. Muchos roedores evitan objetos grandes (>5 cm), excavando por debajo de ellos (Gutiérrez, 2004).

Ratones y ratas

Estos animales son de hábitos nocturnos y son muy comunes en zonas urbanas. Es posible encontrarlos asociados a asentamientos humanos en donde haya disponibilidad de alimentos. En construcciones generalmente ocupan sótanos, áticos y pisos bajos, lo mismo que coladeras y basureros (Álvarez y Medellín, 2005a).

Son omnívoros. La especie *Mus musculus* se alimentan de todo tipo de cosas desde semillas y raíces carnosas, hasta hojas y tallos. Insectos (larvas de escarabajos, orugas, cucarachas) y carne si es que está disponible (generalmente carroña) (Álvarez y Medellín, 2005b); mientras que *Rattus norvegicus* también consume vegetales, semillas e insectos, en particular prefiere alimentarse de productos animales, tales como pájaros y huevos; también se pueden alimentar de pollos y crías de cerdos y borregos, atacando en ocasiones animales mayores. La principal limitante para ambas es la presencia de agua suficiente (Álvarez y Medellín, 2005a). Los ratones comensales del ser humano se alimentan de todo tipo de comida accesible, incluyendo materiales de construcción (Álvarez y Medellín, 2005b). Una dieta de consistencia física dura, aumenta los niveles de calcio mandibular, y por lo tanto, la fuerza en el sistema masticatorio (Cárdenas y Sotomayor, 2002).

Al igual que otros roedores, poseen cuatro incisivos (dos superiores y dos inferiores), carece de caninos y premolares anteriores, lo que ocasiona que haya un diastema. La fórmula

dentaria de los ratas es (I(2/2), C(0/0), PM(0/0), M(3/3))x2 (Álvarez y Medellín, 2005a y b; Addison y Appleton, 1915).

Los incisivos son utilizados para roer, mientras que los molares son los encargados de masticar los alimentos. Para poder separar estas dos actividades y evitar tragar el material roído no deseado, las ratas poseen unos pliegues de mucosa en la parte interna de las mejillas, que se ubican en el diastema (Addison y Appleton, 1915).

Los incisivos tienen la particularidad de crecer durante toda la vida del ratón, esto debido a que tienen la raíz abierta (Addison y Appleton, 1915); es por esto último que el roer distintos elementos cobra gran importancia, ya que es necesario poder ir desgastándolos periódicamente.

En una rata adulta los incisivos superiores miden cerca de 4 mm de largo y 1,5 mm de ancho, mientras que los inferiores miden 7 mm de largo y 1,2 de ancho (Weijs, 1975). Los incisivos superiores crecen cerca de 2,2 mm por semana, mientras que los inferiores crecen 2,8 en el mismo periodo (Addison y Appleton, 1915). Esta diferencia en la tasa de crecimiento se debe a que las ratas al roer lo hacen con los incisivos inferiores, mientras que los superiores son los encargados de sujetar el objeto (Haglund, 1997; Klippel y Synstelién, 2007). Esto ocasiona que los incisivos inferiores se desgasten más rápido y por ende, su tasa de crecimiento es mayor (Burn-Murdoch, 1999; Law *et al.* 2003).

La sínfisis mandibular no está completamente fusionada (Haglund, 1997), sino que está formada por fibrocartílago, lo que le permite a cada lado de la mandíbula a rotar ligeramente sobre su propio eje, resultando en una ligera separación de los dientes (el ángulo de separación más amplio no supera los 40°) (Weijs, 1975).

Tomado en consideración todos los antecedentes previamente mencionados es que con la presente Memoria de Título, mediante la identificación y descripción de las huellas de mordida de ratón, se espera aportar nuevos elementos al proceso judicial que permitan ayudar en el esclarecimiento de algunos hechos delictivos, en los cuales sea necesario identificar el origen de ciertas marcas que pudiesen ser encontradas en huesos u otras superficies del SS, y

de esta forma establecer si las marcas fueron realizadas por alguna herramienta o elemento corto-punzante, o si son producto del roído de estos animales.

OBJETIVO GENERAL

Determinar, describir y comparar las características morfológicas y morfométricas de huellas de mordedura provocadas por ratones (*Mus musculus*) sobre superficies inertes y hueso, con fines de identificación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la presencia de huellas de mordedura de *Mus musculus* improntadas por efecto de roer, sobre materiales de construcción y restos óseos de cerdo doméstico (*Sus scrofa domestica*).
2. Describir y analizar las características morfológicas y morfométricas de las huellas improntadas sobre los diversos materiales como PVC, maderas, cable y hueso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 20 ratones de laboratorio (*Mus musculus*), que fueron donados por el Instituto de Salud Pública de Chile (ISP). Se crearon dos grupos, formado uno por 10 hembras y el otro por 10 machos, con un peso promedio de 35 g (30 – 40 g).

Para determinar el tamaño de muestra (n=20), se realizó un estudio piloto con 5 machos y 5 hembras. Posteriormente, se utilizó el programa *WinEpiscope 2.0*, de libre disposición en la red, en su aplicación para comparar dos medias. Se consideró para ello un 95% de confianza y una potencia de 90%

Los ratones se mantuvieron en jaulas individuales; cada una con un recipiente plástico de 18x30 cm de ancho y largo, respectivamente, y 14 cm de altura. Esta jaula presenta una tapa (rejilla metálica) que sirve, además, como soporte para el alimento y botella con agua. Contaron con viruta nueva sanitizada, la que fue renovada periódicamente. Se utilizaron dependencias adecuadas para el manejo y experimentación con ratones de laboratorio, pertenecientes al Departamento de Medicina Preventiva Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Pecuaria de la Universidad de Chile. Las jaulas fueron dispuestas en una habitación con luz artificial y temperatura controlada, sometidos a un régimen de 12 h/luz y 12 h/noche por un período no superior a dos meses. La temperatura se mantuvo entre los 20-22°C, por medio de un calefactor eléctrico con termostato y esta fue monitoreada mediante el uso de un termómetro ambiental. Asimismo se les entregó comida diariamente, 40 g de pellet para ratones marca Champion®; y tuvieron agua *ad libitum* en bebederos individuales de vidrio dispuestos en cada jaula. En un comienzo los ratones permanecieron una semana sin manejo para evitar su estrés y permitir su adaptación a las nuevas condiciones.

Posterior y paulatinamente se les entregaron distintos materiales para que pudiesen roerlos. Se les proporcionaron trozos pequeños de cada uno de ellos, no superando los 5 cm de largo, en general.

Los materiales en estudio se entregaron alternadamente a cada ejemplar y se mantuvieron dentro de las jaulas por un periodo de 10 minutos efectivos de roído para cada uno de los materiales; esto aseguró la presencia de marcas de huellas de mordida. Después de este

período, los materiales fueron retirados de las jaulas. Se constató que las alteraciones mecánicas (huellas), fueron provocadas por dientes y no por uñas mediante el monitoreo visual. Los materiales se ofrecieron los días lunes, miércoles y viernes con el fin de dejar descansar a los animales los otros días.

Los materiales a utilizar fueron los siguientes:

- PVC: Se utilizaron trozos (anillos) de PVC de 1-2 cm de longitud en promedio proveniente de un tubo presión color celeste, clase 16 (3 m de largo, 20 mm de diámetro exterior). Este tipo de tubo se utiliza para transporte de agua potable y tiene las mismas dimensiones y características que el utilizado para el cableado eléctrico (PVC *conduit*, de color naranja). Este material es muy utilizado en construcciones debido a sus características de no ser conductor de electricidad, ser autoextinguible, bacteriostático y muy resistente a la corrosión.¹
- Pino: Se utilizaron trozos de 20 x 40 x 15 mm de ancho, largo y grosor, respectivamente, provenientes de un listón de pino radiata seco cepillado de 2x1 pulgadas de grosor y 3,2 m de largo. Humedad de fábrica: 12%. Este material se utiliza comúnmente en construcciones (vigas y paneles) y en mueblería.²
- Terciado moldaje: se utilizaron retazos de 35 x 25 x 15 mm de largo, ancho y grosor, respectivamente obtenidos de una plancha de terciado de moldaje de 15 mm de grosor, 1,22 m de ancho y 2,44 m de largo. Humedad de fabrica: 8%. Este material es muy utilizado en construcciones (moldajes y paneles).³
- Cable: se utilizaron tramos de 20-30 mm de largo obtenidos de un cable de fibra óptica de 1 m de largo. Este cable es muy similar al de alargadores y es utilizado en telecomunicaciones y transferencia de datos (computadores, impresoras, internet, etc.)⁴

¹PERFECO S.A. 2002. Catálogo técnico tuberías de PVC. [En Línea] <http://pad.rbb.usm.cl/doc/10939732/84303_INGENIERIA_HIDRAULICA/Catalogo_PVC.pdf> [Consulta: 26-01-2014]

²FORESTAL SANTA BLANCA LTDA.Sf. Cepillado seco / *Dryplanned*. [En Línea] <<http://www.forestalsantablanca.cl/dryplanned.htm>> [Consulta: 25 – Enero – 2014]

³ARAUCO.Sf. Terciado Arauco moldaje. [En Línea] <<http://www.arauco.cl/pdf/TERCMOLD.PDF>>_ [Consulta: 25-01-2014]

⁴PC FACTORY.Sf. Cable fibra óptica 1m. [En Línea] <<https://www.pcfactory.cl/producto/11643-Cable.Fibra.Optica.1mt.>> [Consulta: 26-01-2014]

- Hueso: Trozos de escápula y mandíbula de cerdo doméstico adulto, de 5 cm de largo x 2 cm de ancho y 1 cm de grosor. Los huesos fueron frescos y descarnados provenientes del matadero Cordillera, Pirque. Dada las similitudes anatómicas y fisiológicas que presenta el humano con el cerdo doméstico, este último se utilizó como modelo biológico (Simon y Maibach, 2000; Swindle *et al*, 2012).

Para evitar las marcas dejadas por los cortes realizados, para obtener los distintos trozos de material que se le entregaron a los ratones se tomaron ciertas precauciones: los anillos de PVC fueron cortados con un cortador de tubos (que no deja marcas), y tanto las maderas como el hueso fueron cortados con sierra. Posteriormente se lijaron los bordes cortados.

Tanto la madera, el PVC y el cable fueron seleccionados, ya que al ser materiales de construcción se encuentran comúnmente en una vivienda en donde eventualmente, podría ocurrir un hecho delictivo con presencia de un cadáver animal y/o humano.

Los ratones fueron sacrificados por sobredosis de Pentobarbital sódico en dosis de 90 - 120 mg/kg después de los experimentos (aprobado por Comisión de Bioética Animal de FAVET, Anexo).

1.- Determinación de la presencia de huellas de mordedura de ratón improntadas por efecto de roer, sobre materiales de construcción y restos óseos de cerdo doméstico (*Sus scrofa domestica*).

Una vez que todos los ratones hubiesen mordido cada uno de los materiales, se determinó la presencia de huellas de mordedura improntada sobre ellos, mediante el uso de lupa de mano modelo 4584-XI y Lentes Lupa Aumento modelo X20 Con Luz Led Integrada (relojeros), facilitados por personal del Laboratorio de Criminalística Central (LACRIM), de la Policía de Investigaciones de Chile (PDI).

2.- Descripción y análisis de las características morfológicas y morfométricas de las huellas improntadas sobre los diversos materiales como PVC, maderas, cable y hueso.

Identificadas las huellas, se seleccionaron aquellas que eran más claras y/o representativas en cada superficie (material) y que permitían un mejor análisis. Para esto se utilizó un microscopio estéreo óptico marca Olympus® modelo ZS-5 y a través de cámara digital

accesoria del microscopio, se capturaron las imágenes al programa *Future Win Joe*[®] instalado en el computador de la institución. Esto permitió dejar un registro virtual. Para el estudio morfométrico, se realizó un manejo de las fotografías mediante el programa *Photoshop*[®] permitiendo mejorar la imagen (contraste y brillo), lo que permitió una mejor definición y medición de las huellas. Para esto último se utilizó el programa *Scandium*[®], que entrega las medidas en mm. La medida a considerar fue el ancho total de la huella improntada por los incisivos inferiores.

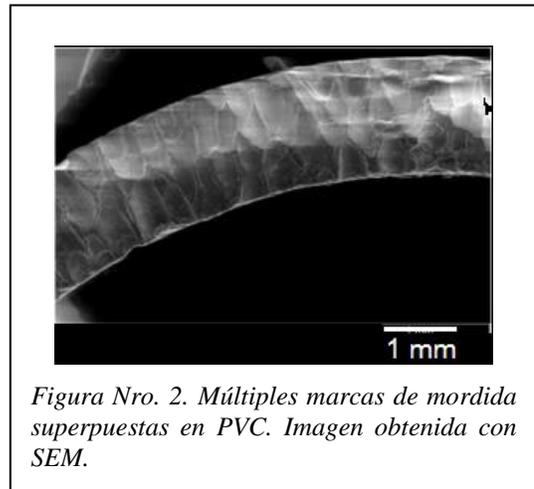
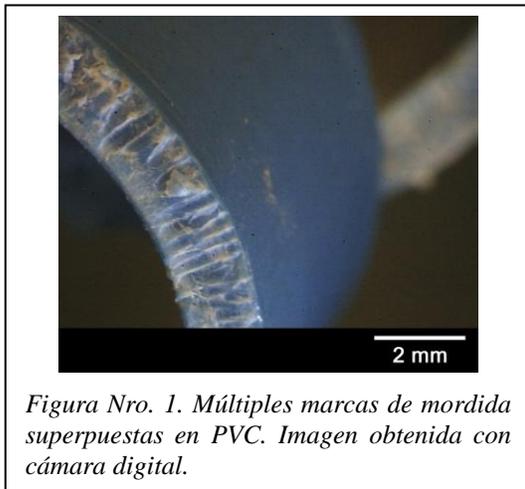
Para el análisis morfológico se consideró presencia o ausencia de relieves, bordes, presencia o ausencia de estrías, cortes u otros. Para tal efecto se utilizó el microscopio electrónico de barrido (SEM), utilizado en LACRIM.

Las mediciones obtenidas se compararon, mediante el uso de ANDEVA con diseño factorial y comparaciones múltiples; se realizó el análisis estadístico de las diversas variables cuantitativas, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Estudio morfológico

En el PVC, como se observa en las Figuras Nro. 1 y 2 obtenidas mediante cámara digital y microscopía electrónica de barrido (SEM) respectivamente, se evidencia la presencia de muescas o surcos improntados en el borde de la superficie del material. Se presentan de variado tamaño y forma, pero siempre con una disposición paralela entre ellos y en muchos casos superpuestas. Entre ambos surcos se denota una cresta que corresponde a la impronta en negativo del espacio presente entre los incisivos inferiores durante su separación al momento de roer. Mediante SEM es posible, además, evidenciar que el surco es cóncavo transversalmente en relación a su longitud de desplazamiento en toda su extensión y el fondo del mismo no presenta estrías (Figuras Nro. 3 y 4).



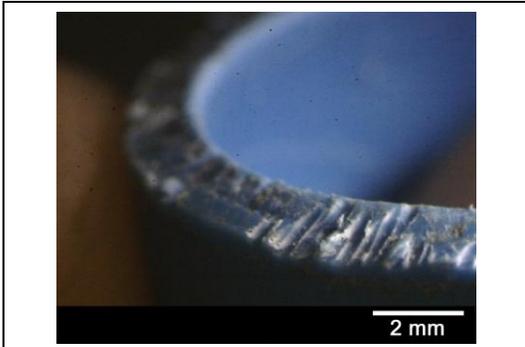


Figura Nro. 3. Múltiples marcas de mordida en PVC. Imagen obtenida con cámara digital. Se observan las características del fondo.

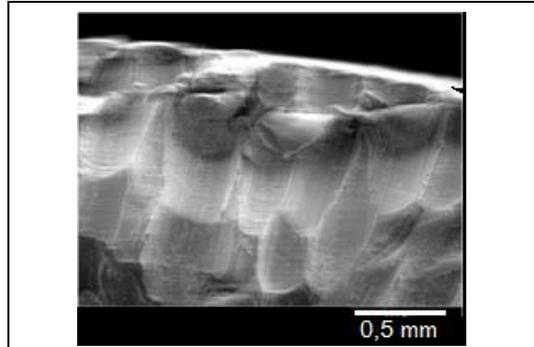


Figura Nro. 4. Múltiples marcas de mordida en PVC, Imagen obtenida con SEM. Se observan las características del fondo.

Las mismas características antes mencionadas se pueden evidenciar en la superficie del cable (Figuras Nro. 5 y 6). Sin embargo, también es posible distinguir la presencia de diversos puntos de anclaje de incisivos superiores, rodeando a las huellas de mordida encontradas (Figuras Nro. 7 y 8), estos se observan como “dos pequeños puntos” sobre y/o bajo los surcos paralelos.

En ocasiones se observa una gran destrucción del material producto de las mordidas sin ningún patrón establecido (Figura Nro. 9).

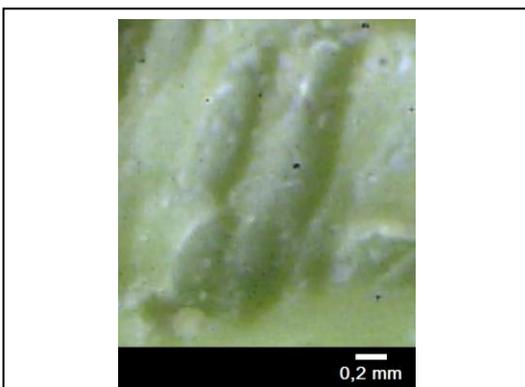


Figura Nro. 5. Marca única de mordida en cable. Imagen obtenida con cámara digital.

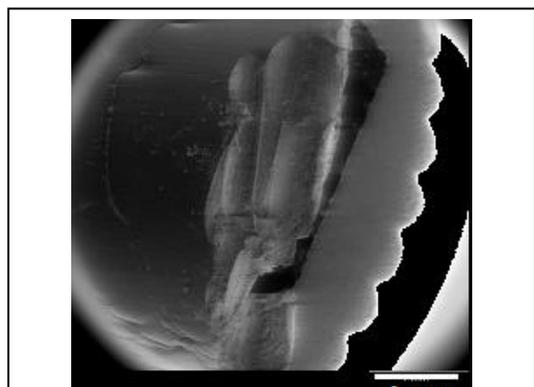


Figura Nro. 6. Marca única de mordida en cable. Imagen obtenida por SEM.

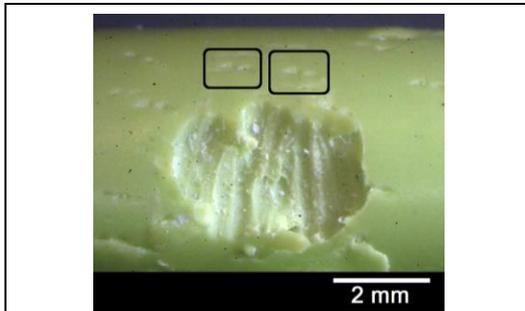


Figura Nro. 7. Marcas de mordida en cable, Imagen obtenida con cámara digital. Se observan los puntos de anclaje de los incisivos superiores rodeando las marcas de mordida (rectángulos).

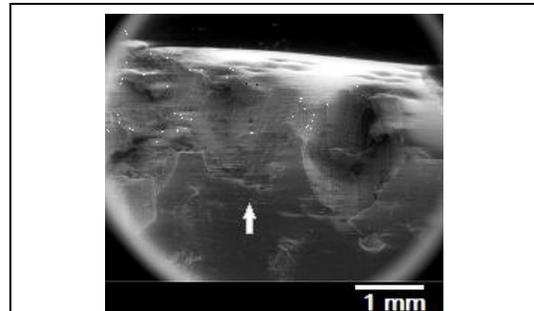


Figura Nro. 8. Marcas de mordida en cable, Imagen obtenida por SEM. Se observan los puntos de anclaje de los incisivos superiores rodeando las marcas de mordida (punta de flecha).

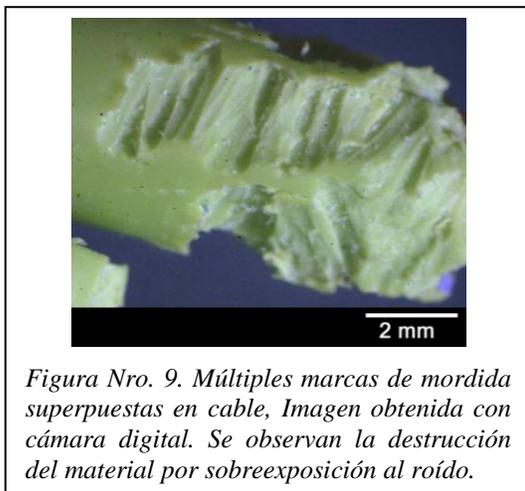
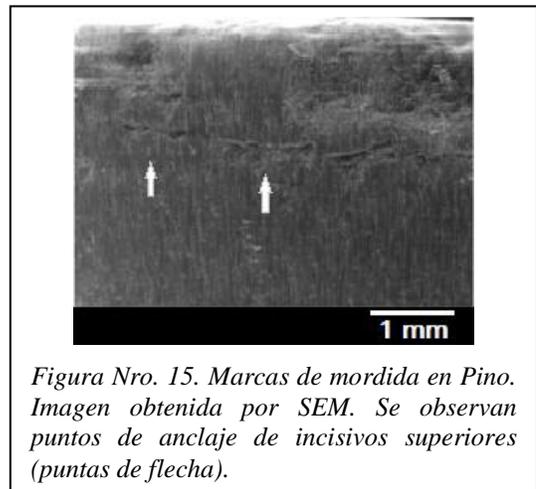
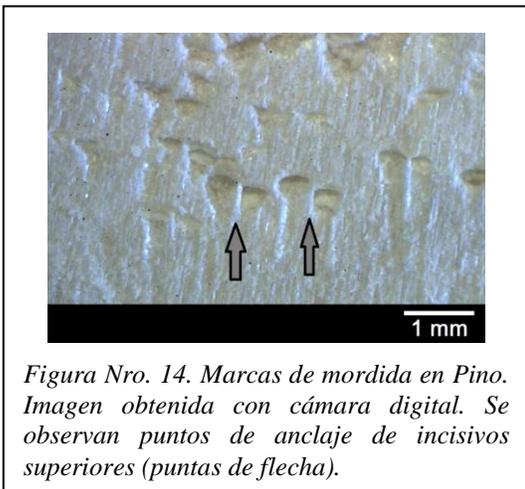
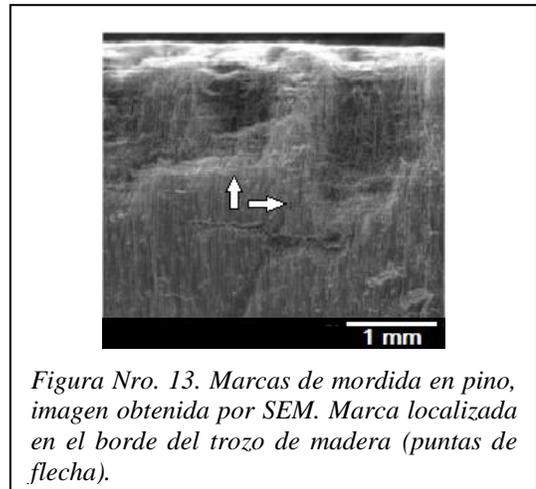
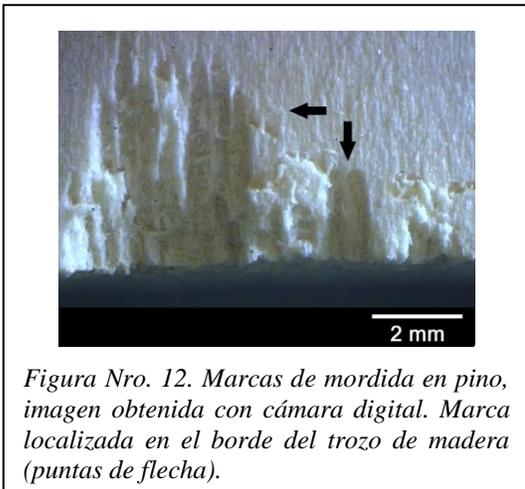
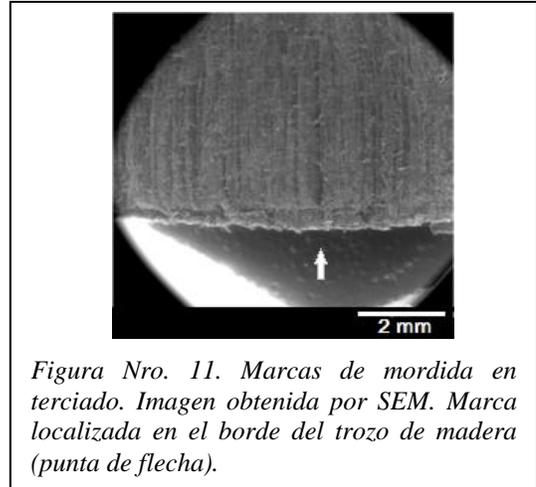
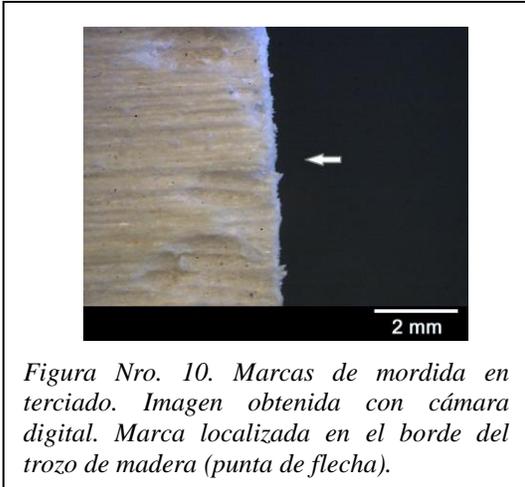


Figura Nro. 9. Múltiples marcas de mordida superpuestas en cable, Imagen obtenida con cámara digital. Se observan la destrucción del material por sobreexposición al roído.

En el terciado y pino se observan huellas de roído ubicadas en su totalidad en los bordes de cada trozo y en zonas adyacentes a ellos. Las marcas observadas consisten en surcos paralelos de distinta profundidad, ancho y longitud, y que presentan la cresta divisoria anteriormente señalada (Figuras Nro. 10 y 13). Cabe mencionar que las disposición de las huellas en su longitud siguen la misma orientación del vetado natural de cada trozo de madera. Sólo en el pino se observan claramente la presencia de puntos de anclaje de los incisivos superiores (Figuras Nro. 14 y 15). En ninguno de los casos es posible describir las características del fondo de cada surco, dadas las características propias de la madera.



En la superficie compacta del hueso plano es posible evidenciar la presencia de surcos relativamente anchos y separados, en comparación a las huellas encontradas en la superficie de los otros materiales. Las huellas se observan de profundidad, longitud y ancho variable. Cabe señalar que sus bordes son muy irregulares y poco definidos, tanto en su ancho, como en su fondo y longitud. No se observa la cresta en negativo del espacio entre incisivos inferiores ni tampoco puntos de anclaje de incisivos superiores.



Figura Nro. 16. Múltiples marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida con cámara digital. Se evidencian surcos relativamente anchos y separados entre sí. No se observan bordes definidos, ni características del fondo.

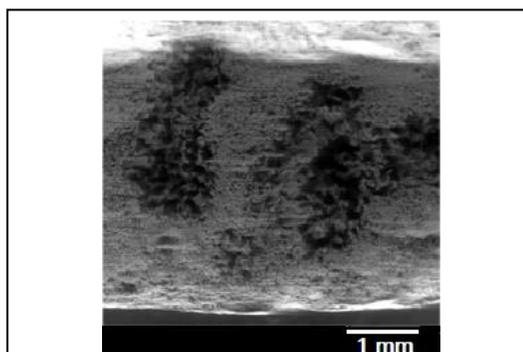


Figura Nro. 17. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida por SEM. No se observan bordes definidos, ni características del fondo.

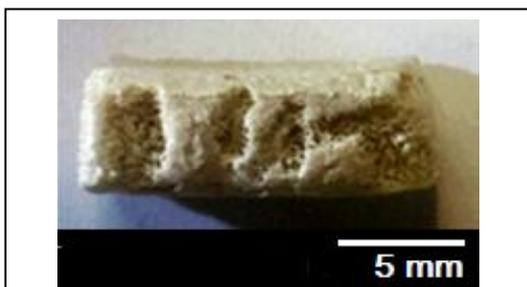


Figura Nro. 18. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida con cámara digital. Se evidencian surcos relativamente anchos y separados entre sí. No es posible observar bordes definidos, ni las características del fondo.

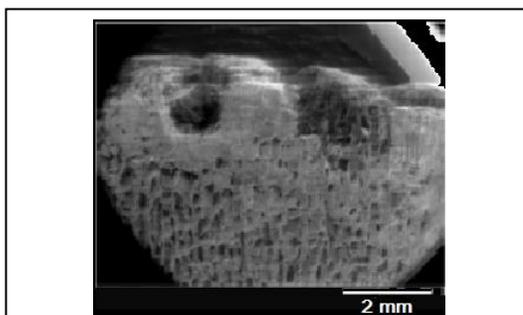


Figura Nro. 19. Marcas de mordida en hueso. Imagen obtenida por SEM. No es posible observar bordes definidos, ni las características del fondo (sólo irregularidad).

Estudio morfométrico:

El estudio estadístico comparativo entre las diferentes superficies arrojaron los siguientes resultados:

No fue posible realizar mediciones precisas en hueso, puesto que no se observaron bordes definidos que permitieran la medición correcta de la marca de huella de mordida.

En el estudio piloto con 10 ejemplares, realizado para determinar el número muestral para el estudio, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$), en las mediciones promedio entre machos y hembras para el mismo material. PVC $\bar{X} = 0,72 \pm 0,01$ mm y $\bar{X} = 0,73 \pm 0,02$ mm para las hembras y machos, respectivamente. En el terciado: $\bar{X} = 0,84 \pm 0,01$ mm para hembras y $\bar{X} = 0,79 \pm 0,02$ mm para machos. En el pino: $\bar{X} = 0,81 \pm 0,02$ mm en hembras y $\bar{X} = 0,82 \pm 0,02$ mm en los machos. Para el cable: $\bar{X} = 0,88 \pm 0,01$ mm en hembras y $\bar{X} = 0,90 \pm 0,03$ mm en machos.

Dada la igualdad de promedios observados en el piloto no se consideró el sexo en el análisis de resultados para el resto el estudio realizado con un $n = 20$.

Tomando en cuenta los 20 ratones, al comparar las huellas entre los distintos materiales, sin considerar la variable sexo, el PVC presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) con los otros tres materiales, presentando un $\bar{X} = 0,73 \pm 0,01$ mm, en relación a los $\bar{X} = 0,81 \pm 0,01$ mm, $\bar{X} = 0,82 \pm 0,01$ mm y $\bar{X} = 0,89 \pm 0,02$ mm del terciado, pino y cable respectivamente.

El terciado y el pino no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0,05$) entre sí ($\bar{X} = 0,81 \pm 0,01$ mm y $\bar{X} = 0,82 \pm 0,01$ mm respectivamente), pero sí hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) con respecto al PVC y al cable ($\bar{X} = 0,73 \pm 0,01$ mm y $\bar{X} = 0,89 \pm 0,02$ mm respectivamente).

Por otro lado el cable fue significativamente diferente ($p \leq 0,05$) a los otros tres materiales, con una media de $\bar{X} = 0,89 \pm 0,02$ mm, en relación a los $\bar{X} = 0,73 \pm 0,01$ mm; $\bar{X} = 0,81 \pm 0,01$ mm; y $\bar{X} = 0,82 \pm 0,01$ mm del PVC, terciado y pino, respectivamente.

En la siguiente tabla (Tabla Nro. 1) se ejemplifican aquellas mediciones que presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) (con diferentes letras A, B, C) que permiten distinguir entre los diferentes materiales en estudio.

Tabla Nro. 1. Tabla comparativa de los distintos materiales

Materiales	
PVC	A
Terciado	B
Pino	B
Cable	C

DISCUSIÓN

Dado que existen diversas dinámicas criminalísticas donde participan micromamíferos, como los roedores, provocando cambios tafonómicos sobre restos óseos, es que la trazología, más específicamente la zooscopía debe intentar identificar las huellas dejadas por ellos, en especial las marcas de mordida. Actualmente estas conducen a equívocas conjeturas dada la carencia de conocimientos específicos en relación a ellas.

Es por esto que se hace fundamental el poder identificar, medir y establecer las características típicas de estas huellas de mordida, para poder aplicarlas en los procesos judiciales.

En este estudio se analizaron las marcas de mordida dejadas por ratones (*Mus musculus*), en cinco superficies distintas: pino seco cepillado, terciado de moldaje, tubo de PVC, cable de fibra óptica y hueso fresco descarnado. Los primeros cuatro fueron seleccionados ya que son comúnmente hallados dentro de hogares y distintas construcciones, donde eventualmente podría producirse un hecho delictivo, y producirse la llegada de ratones frente a la presencia de un cadáver, ocasionando así los cambios tafonómicos anteriormente señalados, o sencillamente alteraciones en el SS.

Dentro de las mediciones que se obtuvieron, se observó que las marcas tanto del PVC ($\bar{X}=0,73 \pm 0,01$ mm), como las del cable ($\bar{X}=0,89 \pm 0,02$ mm), fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$), a los otros tres materiales; mientras que el Pino ($\bar{X}=0,82 \pm 0,01$ mm) y el terciado ($\bar{X}=0,81 \pm 0,01$ mm), a pesar de ser estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) al PVC y al cable, no lo fueron entre ellos.

Estos resultados podrían ser explicados por dos factores: el movimiento de los incisivos inferiores producto de la sínfisis mandibular no fusionada, y la dureza del material. Según Haglund (1997) y Weijjs (1975), la no fusión de la mandíbula permite un movimiento de los incisivos, con un máximo de apertura de hasta 40°. Aparentemente para poder roer materiales más duros es necesaria mayor fuerza, y por lo tanto una separación menor de sus incisivos inferiores. Para confirmar esta conjetura y fuera del contexto de la presente Memoria, con un durómetro Equotip[®], se midieron las durezas de los materiales utilizados, obteniendo los siguientes resultados: Terciado=383 Ld; Pino=350 Ld; PVC=650 Ld; Cable=338 Ld; Hueso=565 Ld.

Estos valores indicarían que dentro de los materiales de construcción, el PVC presentó la dureza mas alta y la marca de mordida mas estrecha ($\bar{X}= 0,73$ mm); por otro lado, el cable presentó la dureza más baja y en consecuencia la marca de mordida más amplia ($\bar{X}= 0,89$ mm). El terciado y el pino tienen durezas similares e intermedias entre el PVC y el cable, correspondiendo a las marcas de mordidas similares entre ellas (pino $\bar{X}= 0,82$ mm; terciado $\bar{X}= 0,81$ mm).

Los valores de dureza también explicarían por qué no se logró obtener una medida clara en hueso. Ya que dada su dureza, el ratón tuvo que roer varias veces en el mismo lugar para dejar una marca visible, provocando un sobreroído en el lugar. Además por las características propias del hueso (porosidad y presencia de hueso esponjoso), no se pudieron observar claramente los bordes o el fondo de la huella de mordida, impidiendo una medición exacta y objetiva (Figura Nro. 20). Es



Figura Nro. 20. Múltiples marcas de mordida en hueso. No se observan bordes definidos, impidiendo una medición clara y objetiva.

Es importante realizar futuros estudios sobre huesos no frescos y que lleven un tiempo expuestos a factores ambientales, ya que por eventual pérdida de compuestos podría ceder más fácilmente al acto de roer.

Las huellas de mordida observadas en el cable, PVC y maderas fueron similares a las descritas por Haglund (1997) y Gutiérrez (2004), quienes señalan que las marcas de ratones consisten en surcos, que generalmente se presentan de a pares, paralelos o superpuestos, cortos y cuyo fondo es plano o redondeado, y sin estrías. Los surcos se ven separados por una cresta media que representa la impronta en negativo del espacio que existe entre los incisivos inferiores al momento de roer (Figura Nro. 21), característica no mencionada por los

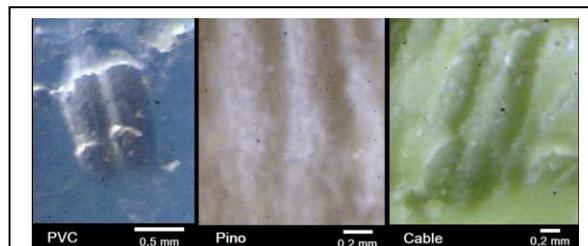


Figura Nro. 21. Marcas de mordida en distintas superficies. Se observan dos surcos paralelos y una cresta que los separa.

autores citados en esta Memoria. Ninguna de estas características fueron evidentes en las huellas presentes en los trozos de hueso, más aún a diferencia de los otros materiales, en el hueso, cada surco corresponde a la fusión de los dos surcos paralelos y contiguos de una mordida (Figura Nro. 22). Es importante señalar que la presencia de astillas en el fondo de las huellas generadas por el roído en maderas, puede inducir a errores considerándolas como estrías, siendo esto sólo un efecto de “desmembramiento” de sus componentes.



Figura Nro. 22. Marcas de mordida en hueso. No se observa la cresta divisoria entre los surcos paralelos.

Estos autores tampoco describen la presencia de marcas improntadas con forma de “dos pequeños puntos”, que acompañan a los dos surcos paralelos de los incisivos inferiores (Figura Nro. 23). Estas pequeñas marcas se encontraron tanto sobre los surcos como debajo de ellos, lo que indica que el ratón al roer, constantemente cambia de posición, para roer por ambos lados del objeto, comportamiento que se pudo observar durante el estudio. Estos puntos corresponden a la zona de fijación de los incisivos superiores.

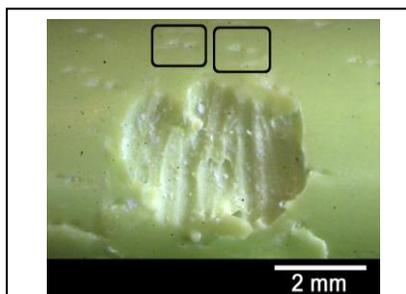


Figura Nro. 23. Zona de anclaje de los incisivos superiores. Marcas en forma de “dos pequeños puntos” que acompañan a los surcos paralelos.

Con esto se corrobora lo dicho por Haglund (1997) y Klippel y Synstelién (2007), quienes mencionan que los ratones al roer lo hacen con los incisivos inferiores, mientras que los superiores son los encargados de sujetar el objeto.

Cabe señalar que ambos autores se refieren, en su descripción a huellas o marcas encontradas en huesos con cambios tafonómicos, por lo tanto que han sido enterrados y posteriormente desenterrados, a diferencia de los utilizados en este estudio.

A pesar de no poder realizar mediciones de las huellas sobre huesos, si fue posible observar, al igual que Haglund (1997) y Gutiérrez (2004), que los ratones localizan su roído en partes esqueléticas específicas, tales como bordes y regiones prominentes. Este comportamiento también se evidenció en el resto de los materiales, donde todas las huellas de mordida se localizaban en bordes, excepto en el cable, que por su tamaño y poca dureza

permite que el ratón lo pueda roer fácilmente en toda su extensión sin un patrón definido. También se observó que en las maderas, el roído iba en la misma dirección del vetado natural, aparentemente para facilitararlo.

Se observó además, que los animales roían los materiales entregados de igual manera, independiente de la presencia o ausencia de comida y/o viruta.

Al momento de entregar los materiales a los ratones, estos fueron controlados visualmente para intentar evitar el sobreroído en los materiales y obtener una huella tipo. Durante estas observaciones se pudo evidenciar que al momento de entregar el material, por novedad, existe un claro interés en él, pero que algunos lo pierden rápidamente. También se notó que algunos ejemplares poseían una clara predilección por ciertos materiales en desmedro de los otros; royendo rápidamente y en gran cantidad ciertos materiales, y sólo una vez los demás. Por tanto existiría una avidez o interés individual de cada ratón por uno u otro material, sin predilección.

Durante estas mismas observaciones se evidenció su poder como agente tafonómico mencionado por Gutiérrez (2004), donde indica que los roedores pueden modificar los contextos de distribución y pueden ser la causa de que se produzcan asociaciones espaciales de materiales que no habrían estado originalmente relacionados, o viceversa. Se observó que el ratón al entrar en contacto con los materiales los trasladaba constantemente de lugar dentro de la jaula, incluso en algunas ocasiones sin dejar marcas visibles de mordida sobre ellos. Se infiere, por lo tanto, que otros objetos presentes en el SS no fijados, podrían eventualmente sufrir desplazamientos similares dependiendo de su tamaño, peso o del número de ratones que interactúen con ellos.

Si bien estas huellas de mordida son muy pequeñas, y por ende, difícil de visualizar a simple vista por parte de un perito en el SS, es probable que ahí también se encuentren materiales muy roídos, altamente visibles y no caracterizados en primera instancia como huellas de mordida de ratón. Posiblemente sean consideradas como marcas de origen antropogénico provocadas por alguna herramienta o artefacto. Sin embargo, el perito debe realizar un análisis más cuidadoso y determinar la presencia o ausencia de los surcos paralelos (incisivos inferiores) y la marca de los incisivos superiores para corroborar o descartar la presencia de ratones, respectivamente. Para ello y según la experiencia adquirida durante el desarrollo de la presente Memoria, se recomienda el uso de una luz

blanca dirigida incidentalmente sobre las marcas, permitiendo de esta manera observar nítidamente los bordes y el fondo de la huella (Figura Nro. 24). Tanto el largo como la profundidad de la huella no son características que se puedan estandarizar, y que por lo tanto sean de interés práctico para el Perito, ya que estos parámetros dependerán de la dureza del material y se verán afectados por el sobre roído.

La presencia de las huellas de mordida es solo una evidencia más para asegurar la actividad de ratones. También es posible encontrar pelos, algún ejemplar muerto en las cercanías del SS y heces. Incluso se podrían realizar análisis de estas

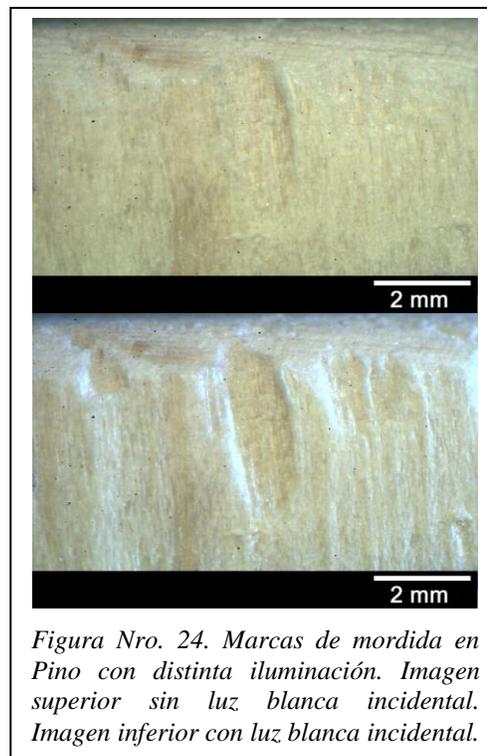


Figura Nro. 24. Marcas de mordida en Pino con distinta iluminación. Imagen superior sin luz blanca incidental. Imagen inferior con luz blanca incidental.

últimas, con el fin de encontrar los restos o elementos traza de los materiales roídos, incluso restos o elementos trazas de humano. La presencia de cualquiera de estas evidencias (huellas, pelos, etc.) en el SS, debe ser considerada por el Perito infiriendo la presencia de ratones en el lugar y que eventualmente podrían haber alterado el SS previo a la investigación.

Sería interesante en estudios posteriores considerar la presencia de huellas bajo diversas condiciones climatológicas (temperatura, humedad, etc.) y geográficas, además de considerar el desgaste propio del material. Todos estos elementos podrían condicionar las características del mismo y por ende la morfología y morfometría de las huellas. Sin embargo, para poder comparar huellas encontradas en un SS, era necesario caracterizar morfométricamente y más importante aún para el trabajo en un SS, morfológicamente estas huellas provocadas por estos agentes tafonómicos.

Cabe señalar que las huellas de mordida fueron realizadas por ratones de laboratorio; sin embargo, los ratones silvestres por razones adaptativas, y por lo señalado por Cárdenas y Sotomayor (2002), en relación a la influencia de la dieta en la fuerza del sistema masticatorio, deberían poseer mayor fuerza en la mordida, y por lo tanto sería más fácil identificar las mordidas en huesos y otros materiales dejadas por ellos. De igual manera,

independiente del tipo de ratón se esperaría encontrar un sobre roído en los materiales si estos son expuestos durante mucho tiempo o expuestos a un gran número de ellos. Este último punto cobra mucha importancia en casos de cadáveres de animales encontrados producto de la caza legal o ilegal, o incluso en SS con presencia de restos humanos donde se utilizan herramientas que podrían simular la presencia de marcas de mordida con el fin de enmascarar un posible delito.

CONCLUSIONES

- 1.- Tanto las marcas de huellas de mordeduras improntadas sobre PVC ($\bar{X}= 0,73 \pm 0,01$ mm) y cable ($\bar{X}= 0,89 \pm 0,02$ mm) fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) a los otros tres materiales; mientras que las presentes en el pino ($\bar{X}= 0,82 \pm 0,01$ mm) y el terciado ($\bar{X}= 0,81 \pm 0,01$ mm), a pesar de ser estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) al PVC y al cable, no lo fueron entre ellos ($p > 0,05$).
- 2.- Las marcas de mordida en hueso se pueden observar a simple vista pero por las características propias del hueso utilizado, no permite una medición precisa y objetiva.
- 3.- En general las huellas de roído (mordedura), se observan como surcos paralelos o superpuestos, cortos y cuyo fondo es plano o redondeado, sin estrías y con presencia de un montículo central entre ambos que representa la impronta en negativo del espacio que existe entre los incisivos inferiores al momento de roer.
- 4.- En algunos materiales es posible evidenciar la presencia de marcas improntadas con forma de “dos pequeños puntos”, que acompañan a los dos surcos paralelos de los incisivos inferiores, y que corresponden a la zona de anclaje de los incisivos superiores.
- 5.- En las maderas, el roído sigue la misma dirección de su vetado natural.
- 6.- La utilización de una luz dirigida oblicuamente sobre las huellas de mordedura, permite un mayor contraste de ellas, lo que permitiría un buen método para su búsqueda e identificación en un SS.
- 7.- La dureza del material roído influye en la apertura de los incisivos inferiores y por ende en el ancho total de las marcas de mordida producidas por estos. A mayor dureza menos ancho de la huella. Además las condiciones del material pueden diferir en calidad o ser influidas por factores ambientales (humedad, temperatura o fatiga propia de él). Esto da pie a nuevos estudios considerando cada uno de esos factores.

8.- El estudio realizado se logró con ratones de laboratorio cuyo desarrollo anatómico de su aparato masticatorio (musculatura) sería menor que el de los ratones silvestres, por lo que las marcas de mordida podrían diferir considerablemente.

9.- Es imprescindible realizar el estudio sobre otros tipos de hueso (largos y cortos), dado que difieren en estructura y composición a los utilizados en el presente trabajo. Además, se debe considerar la variable tiempo o condición y edad de los huesos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABFO (American Board of Forensic Odontology).** 1986. Guidelines for Bite Mark Analysis. Journal of the American Dental Association. 112: 383-386.
- ADDISON, W; APPLETON, J.** 1915. The structure and growth of the incisor teeth of the albino rat. Journal of Morphology. 26(1): 42-96.
- ÁLVAREZ, J.; MEDELLIN, R.** 2005a. *Rattus Norvegicus*. [En línea] <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Rattusnorvegicus00.pdf>> [Consulta: 06-09-2012]
- ALVAREZ, J.; MEDELLIN, R.** 2005b. *Mus musculus*. [En línea] <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Musmusculus00.pdf>> [Consulta: 06-09-2012]
- BARSLEY, R.** 1993. Forensic and legal issues in oral diagnosis (review). Dental Clinics of North America. 37:133-156.
- BERNSTEIN, M.** 2010a. Reconstructive Bitemark Analysis. **In:** Gaensslen, R. Bitemark Evidence. Marcel Dekker. New York, USA. pp. 81-85.
- BERNSTEIN, M.** 2010b. Nature of Bitemarks. **In:** Gaensslen, R. Bitemark Evidence. Marcel Dekker. New York, USA. pp. 59-80.
- BROWN, K.; TOWNSEND, G.; WINNING, T.** 2005. Forensic applications of dental and oral anatomy. **In:** Oral and Maxillofacial Anatomy, Histology and Embriology. (ed. S.R. Prabhu). Oxford University Press, UK. 286 p.
- BURN-MURDOCH, R.** 1999. The length and eruption rates of incisor teeth in rats after one or more of them had been unimpeded. European Journal of Orthodontics. 21(1): 49-56.
- CÁRDENAS, W.; SOTOMAYOR, J.** 2002. Efecto de la consistencia física de los alimentos en la calcificación de la mandíbula de ratas en periodo de crecimiento. Odontología Sanmarquina. 1(9): 31-35
- CORREA, F.** 2007. Medicina Forense Veterinaria. [En línea] <<http://www.ilustrados.com/tema/10203/Medicina-forense-veterinaria.html>> [Consulta: 20-05-2013]
- GUNN, A.** 2009. Vertebrates. **In:** Essential Forensic Biology. Wiley-Blackwell. Chichester, U.K. pp. 283-315.
- GUTIÉRREZ, M.** 2004. Análisis tafonómicos en el área interserrana (provincia de Buenos Aires). Doctor en Ciencias Naturales. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. 533 p.
- HAGLUND, W.** 1997. Rodents and humans remains. **In:** Forensic Taphonomy. CRC Press. USA. pp. 422-432.
- JAKUSH, J.** 1989. Forensic Dentistry. Journal of the American Dental Association. 119: 356-368.

- KLIPPEL, W.; SYNSTELIEN, J.** 2007. Rodents as Taphonomic agents: Bone gnawing by brown rats and gray squirrels. *Journal of Forensic Science*. 52(4):765-773.
- LAW, K.; LEE, C.; KING, N.; RABIE, A.** 2003. The relationship between eruption and length of mandibular incisors in young rats. *Medicine Science Monitor*. 9(1):47-53.
- MORSE, D.; ESPOSITO, J.; KESLER, H.; HORIN, R.** 1994. Age estimation using dental periapical radiographic parameters. A review and comparative study of clinically based and regression models with the operation Desert Storm victims. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. 15(4):303-318.
- PRETTY, I.; ADDY, L.** 2002. Associated postmortem dental findings as an aid to personal identification. *Science and Justice*. 42(2):65-74.
- ROTWELL, B.; THIEN, A.** 2001. Analysis of distortion in preserved bite mark skin. *Journal of Forensic Science*. 46(3):573-576.
- SIMON, G.; MAIBACH, H.** 2000. The pig as an experimental animal model of percutaneous permeation in man: Qualitative and quantitative observations – an overview. *Skin Pharmacology and Applied Physiology*. 13(5):229–234.
- SOUVIRON, R.** 2011. Animal Bites. In: Gaensslen, R. *Bitemark Evidence*. Marcel Dekker. New York, USA. pp. 275-293
- SWINDLE, M.; MAKIN, A.; HERRON, A.; CLUBB, F.; FRAZIER, K.** 2012. Swine as Models in Biomedical Research and Toxicology Testing. *Veterinary Pathology*. 49(2):344-356.
- TEKE, A.** 2001. *Odontología Legal*. 2a. Ed. Editorial Mediterráneo. Santiago, Chile. pp. 229-258.
- WEIJS, W.** 1975. Mandibular movements of albino Rat during feeding. *Journal of Morphology*. 145(1): 107-124.



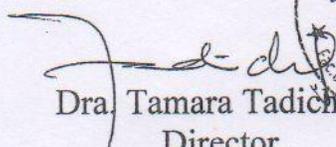
UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
Comité de Bioética Animal

Santiago, 28 de marzo de 2014

CERTIFICADO N° 04-2014

En relación con los procedimientos propuestos para el uso de animales experimentales, tenida a la vista la metodología del Proyecto de Memoria de Título: "**Análisis morfométrico y morfológico de huellas de mordedura de ratón (*Mus musculus*) sobre superficies inertes y hueso, con fines de identificación**", donde el Investigador Responsable será el **M.V. Victor Toledo**, y sus detalles contenidos en el Formulario para obtención de certificado de Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, este Comité certifica que el Proyecto satisface lo estipulado en la guía de principios directrices internacionales para el uso de animales en investigación biomédica, elaborada por el Consejo para las Organizaciones Internacionales de las Ciencias Biomédicas, adecuada y adoptada por este Comité, y se ajusta a la legislación chilena vigente sobre la materia, incluida la Norma NCh 324-2011.

A este respecto este Comité entiende que el Médico Veterinario responsable del cuidado, supervisión y posterior eutanasia de los diez ejemplares de *Mus musculus* será el M.V. Víctor Toledo, y que todos los procedimientos serán realizados dentro de las instalaciones de FAVET.


Dra. Tamara Tadić
Director
Comité de Bioética Animal




Dr. Santiago Urcelay V.
Presidente
Comité de Bioética Animal

