

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/359288724>

# ANÁLISIS DE TRAUMAS ÓSEOS POR ARMAS CONTUNDENTES: UNA APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL

Thesis · August 2018

---

CITATIONS

2

READS

388

1 author:



Felipe Otero

National University of the Center of the Buenos Aires Province

18 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

SEE PROFILE



**Universidad Nacional de Río Negro**  
**Lic. en Criminología y Ciencias Forenses**  
**Trabajo Final de Grado**  
**2018**

**ANÁLISIS DE TRAUMAS ÓSEOS**  
**POR ARMAS CONTUNDENTES:**  
**UNA APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL.**

Otero Felipe

Tutora  
Dra. Marien Béguelin

# Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>4</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Marco teórico</b> .....	<b>8</b>
2.1 El concepto de Violencia.....	8
2.2 Violencia y Proceso Penal.....	9
2.3 Aportes de la antropología a la justicia .....	10
2.4 Actualismo .....	11
2.5 Diseño experimental.....	13
2.6 Marcas de violencia .....	14
2.7 Fotogrametría.....	16
<b>3. Antecedentes</b> .....	<b>18</b>
3.1 Antropología forense en el mundo .....	18
3.2 Generación de conocimiento en la Antropología Forense. Experimentación .....	19
3.3 La antropología forense en Argentina y su relación con Latinoamérica.....	21
3.4 Investigación en Patagonia.....	24
<b>4. Materiales</b> .....	<b>25</b>
4.1 Descripción de la muestra arqueológica .....	25
4.2 Descripción de la muestra experimental.....	27
4.3 Descripción de las armas/efectores .....	28
<b>5. Métodos</b> .....	<b>31</b>
5.1 Diseño experimental.....	31
5.2 Registro de variables .....	34
5.3 Análisis estadístico.....	35
5.3.1 <i>Variables Cuantitativas</i> .....	35
5.3.1.1 Métodos Univariados .....	35
5.3.1.2 Métodos Bivariados .....	35
5.3.1.3 Métodos Multivariados.....	35
5.3.2 <i>Variables Cualitativas</i> .....	36
5.3.3 <i>Comparación arqueológico vs. experimental</i> .....	36
5.4 Fotogrametría.....	36
<b>6. Resultados</b> .....	<b>38</b>
6.1 Muestra arqueológica.....	38
6.1.1 <i>Análisis macroscópico</i> .....	38
6.1.2 <i>Análisis estadístico</i> .....	39
6.2 Muestra experimental .....	40
6.2.1 <i>Análisis General/Macroscópico</i> .....	40
6.2.2 <i>Variables Cuantitativas</i> .....	42
6.2.2.1 Evaluación de la dependencia entre golpes en un mismo cráneo .....	42
6.2.2.2 Métodos Univariados .....	43
6.2.2.2.1 <i>Diámetro Máximo (DM)</i> .....	43
6.2.2.2.2 <i>Diámetro Perpendicular al Máximo (DPM)</i> .....	44
6.2.2.2.3 <i>Profundidad</i> .....	45
6.2.2.3 Métodos Bivariados .....	47
6.2.2.4 Métodos Multivariados.....	49
6.2.3 <i>Variables Cualitativas (Presencia/Ausencia)</i> .....	50

6.2.3.1 Fracturas Lineales (FL).....	50
6.2.3.2 Fracturas Concentricas (FC).....	51
6.2.3.3 Fracturas Estrelladas (FE).....	51
6.2.3.4 Lascas Adheridas a Bordes de Fractura (LA).....	52
6.2.3.5 Bordes Elevados (BE).....	53
6.2.3.6 Pérdida Ósea (PO).....	54
6.3 Comparación arqueológico vs. experimental.....	55
6.4 Fotogrametría.....	59
<b>7. Discusión.....</b>	<b>62</b>
7.1 Discusión de los Materiales y Métodos.....	62
7.2 Discusión de los Resultados.....	64
7.3 Discusión de la aplicación de Fotogrametría.....	67
<b>8. Conclusión y Perspectivas.....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>74</b>
Anexo 1. Lesiones en cráneos humanos arqueológicos.....	74
Anexo 2. Lesiones en cráneos de Sus Scrofa experimentales.....	77

## Resumen

El análisis de traumas en restos óseos humanos implica el estudio de trazas, es decir que se observa el resultado de conductas pasadas, constituyéndose en evidencia indirecta. Algunas marcas óseas pueden ser el resultado de la aplicación de una fuerza en un área grande de impacto causada por elementos duros de superficie obtusa o roma, como piedras, garrotes, boleadoras o martillos. Los diferentes elementos efectores provocarían diversas improntas o patrones traumáticos identificables a través de variables.

Estas marcas son también conocidas como lesiones contundentes. La investigación y el análisis de este tipo de lesiones en restos óseos permitirá abordar con mayor profundidad contextos forenses que han sido catalogados como violentos, ya que abundan las evidencias que dan cuenta de situaciones conflictivas.

En ámbitos forenses se encuentran con frecuencia restos óseos en los cuales se pueden observar dichas marcas, donde la asociación entre ellas y el objeto que la realizó no está claramente establecida. En este sentido, es necesario generar marcos de referencia que permitan establecer relaciones probabilísticas entre la marca y el efector. Los estudios experimentales tienen el potencial de ofrecer tal marco de referencia. Sin embargo, los antecedentes experimentales son escasos en nuestro país, particularmente aquellos cuyo efector es de naturaleza contundente.

Desde una perspectiva experimental, este trabajo se basó en la producción de lesiones contundentes a 21 cráneos de cerdo (*Sus scrofa*) con diferentes elementos y su posterior análisis y comparación con lesiones encontradas en restos bioarqueológicos. El análisis de variables relevadas en el material experimental se realizó mediante métodos estadísticos uni y multivariados. Finalmente, se aplicó fotogrametría, una técnica novedosa para el registro digital de estas marcas.

Se consiguió diferenciar las marcas dejadas en cráneos de cerdo con diferentes elementos contundentes mediante las variables métricas y categóricas evaluadas. A su vez, se logró asociar categorías de marcas con categorías de golpes, según la magnitud de la fuerza aplicada y la tensión generada.

Los resultados son relevantes para las ciencias forenses, dado que aportan información para la determinación de la causa de muerte, la reconstrucción de la mecánica de las lesiones y el estudio de la dinámica de los hechos sucedidos.

## Agradecimientos

Este trabajo representa el final de un largo proceso, en el cual no solamente adquirí conocimientos teóricos, sino que también obtuve herramientas para desenvolverme en distintos ámbitos y abordar diversas situaciones desde una mirada crítica. Obviamente, nunca hubiera llegado hasta este punto sin el apoyo de muchas personas a quienes considero importante ofrecer mí agradecimiento.

En primer lugar, agradezco a mi tutora, Marien Béguelin, quien me guio y empujó constantemente para que avance. A su vez, dio respuesta a todas y cada una de mis preguntas (que no fueron pocas), aunque muchas veces le alcanzó con la frase: “A leer”. También quiero agradecer a Florencia Gordón por brindarme su experiencia en el análisis de traumas y la aplicación del método experimental, además de estar pendiente del progreso de mí trabajo. A Silvina De Valais por su apoyo y disposición en todo momento. A Fernando Archuby, especialmente, por su ayuda y paciencia en la parte estadística. A “Ina” Diaz Martínez y Paolo Citton por introducirme en la técnica de la fotogrametría. Gracias a mis compañeros de investigación: Romina Vazquez, Tamara Navarro, Adalma Tapia y Julio Lavezzo, por sus observaciones y palabras de aliento. A todas las personas mencionadas en este párrafo, quiero darles las gracias, por todas las actividades y momentos que compartimos, los que me dejaron muy buenos recuerdos.

Agradezco a mis compañeros de la universidad por cada mate, cada charla y cada actividad que realizamos juntos. Imposible olvidarme de mis amigos, quienes estuvieron, están y estarán siempre para apoyarme, sobre todo a los que, últimamente, se volvieron mi grupo de estudio.

Quiero agradecer profundamente a mi familia: abuelos, tíos, primos, sobrinos. No hay palabras que alcancen para expresar el agradecimiento que siento hacia mis “viejos”: Hernán Felipe Otero y Nuria Andrea Oscar. Día a día me enseñan que todo es posible a través del esfuerzo y la dedicación, no sólo desde la palabra, sino con su ejemplo. También a mis hermanos: Florencia, Delfina, Tani y Agustín, presentes en todas las etapas de mi vida.

Por último, creo necesario resaltar que gracias a la educación pública pude llevar a cabo mis estudios de grado. Me gustaría reconocer a las instituciones que financiaron este trabajo: la Universidad Nacional de Río Negro, desde el PI 40-A-463, y al Consejo Interuniversitario Nacional, desde una beca para el Estímulo a la Vocación Científica. Deseo hacer extensivo dicho reconocimiento a las autoridades de la Licenciatura en Criminología y Ciencias Forenses, especialmente a su director, Fernando Casullo. Y, finalmente, a Itatí Nosa, profesora de la materia Trabajo Final de Grado y demás profesores por su dedicación y compromiso con el aprendizaje de los estudiantes.

# 1. Introducción

En contextos forenses se encuentran con frecuencia restos óseos humanos que presentan marcas o traumas que dan cuenta de diversas situaciones de violencia. Un trauma esquelético consiste en la modificación, fractura o destrucción del hueso, tanto a nivel macroscópico como microscópico. Cuando éstos son el resultado de la aplicación de una fuerza en un área relativamente grande y son causadas por elementos duros de superficie obtusa o roma, se denominan lesiones contundentes (Krenzer, 2006). Diversos elementos efectores provocarían diferentes improntas o patrones traumáticos identificables a través de una serie de variables cualitativas y cuantitativas pudiendo establecerse relaciones probabilísticas entre la marca y el arma. El análisis de traumas y la identificación de asociaciones arma/lesión aportan información útil para la determinación de la causa de muerte, la reconstrucción de la mecánica de lesiones y la dinámica de hechos sucedidos.

Si bien las lesiones contundentes son frecuentes en casos forenses y su análisis es importante para el esclarecimiento de estos, hasta el momento los estudios sistemáticos son escasos en la literatura en general, y particularmente en Argentina. En este marco surge la necesidad de generar contextos experimentales a fin de investigar los factores que influyen en la producción de traumas contundentes en huesos humanos. Partiendo de la premisa de que determinado tipo de golpe puede dejar cierto patrón de lesiones traumáticas, se considera que ese registro se transforma en una línea de evidencia que permite investigar la situación de violencia original. La aplicación de estudios experimentales basados en el *actualismo* permite generar datos derivados de condiciones controladas para comprender mejor las fuentes de variabilidad en los rasgos de los distintos patrones de los huesos con traumas.

El objetivo de este trabajo es, por lo tanto, generar un marco de referencia que permita aportar información a la interpretación de lesiones por armas contundentes. Con este fin, se realizó un diseño experimental en el que se produjeron lesiones contundentes a cráneos de cerdo (*Sus scrofa domestica*) tomados como *proxies* con diversos efectores contundentes (*i.e.* piedra, garrote, boleadora y martillo). En este sentido se plantea la hipótesis de que las marcas dejadas en cráneos de cerdo con los diferentes elementos contundentes pueden diferenciarse mediante las variables métricas y categóricas evaluadas.

Los resultados obtenidos son comparados con lesiones relevadas en una muestra de cráneos humanos de origen arqueológico. Dado que la estandarización de los marcos depende en cierta medida del tamaño de las muestras analizadas, se considera que el estudio de casos arqueológicos es adecuado ya que las muestras de grupos pre-contacto con la sociedad colonial se caracterizan por ser numerosas y presentar una elevada frecuencia de este tipo de lesiones (*i.e.* contundentes). Por lo tanto, los datos admiten un tratamiento estadístico complejo que permite detectar patrones y tendencias (Gordón, 2011). En este sentido, se analizan muestras de restos óseos pertenecientes a poblaciones humanas de diversas áreas de Pampa y Norpatagonia que habitaron esas regiones antes de la llegada de los europeos y se las compara con material experimental. Partiendo de la hipótesis que afirma que las marcas observadas en los cráneos arqueológicos siguen patrones atribuibles a la acción de tipos de efectores que incluyan a alguno/s de lo/s elementos incluidos en este trabajo (martillo (M), garrote de madera

(G), piedra (P) y boleadora (B)), se buscan establecer relaciones entre una serie de objetos contundentes, probados en un diseño experimental con cráneos de animales, y las marcas de los cráneos humanos arqueológicos, mediante la comparación con las marcas provocadas experimentalmente.

Se espera que los resultados alcanzados en este trabajo representen un aporte concreto a la investigación forense a través de la aplicación rigurosa del método científico a la prueba pericial (Moreno, 2006).

## 2. Marco teórico

En este capítulo se aborda la producción e interpretación de lesiones contundentes desde distintas disciplinas o perspectivas (Figura 2.1).

En primer lugar, se reconoce a la producción de lesiones como una de las posibles soluciones violentas que puede encontrar un conflicto entre personas que poseen intereses contrapuestos y desean imponerlos. Desde la perspectiva del derecho penal, el Estado está obligado a intervenir sobre el problema de las lesiones porque daña al bien jurídico protegido, el cual en este caso corresponde a la integridad física de la persona. Por otra parte, la antropología forense aporta al proceso penal en el esclarecimiento de los casos criminales que involucran lesiones contra el cuerpo de las personas.

A su vez, este trabajo sigue conceptos básicos del principio actualista desde una perspectiva experimental, posibilitando el acercamiento a las causas físicas y biológicas de la elaboración de distintos patrones de traumas óseos.

Finalmente, se desarrolla la fotogrametría, una técnica novedosa y útil para el registro y análisis digital de lesiones.

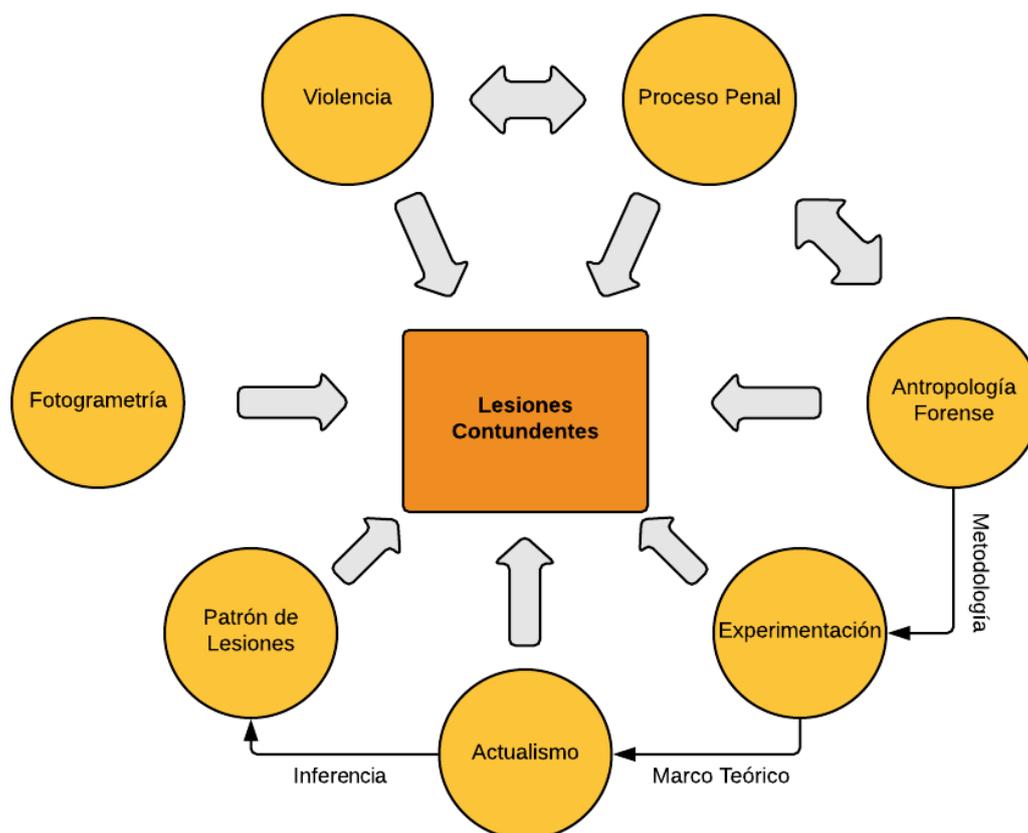


Figura 2.1. Mapa conceptual de los contenidos tratados en el capítulo.

### 2.1 El concepto de Violencia

En las sociedades actuales la violencia es un problema común a sus integrantes. Ésta no hace distinción por clase social, edad, sexo ni ninguna otra característica. Todas las personas, en su vida cotidiana, han sufrido o han presenciado hechos violentos (Galli,

2010). Esta popularidad de la violencia la convierte en un concepto muy amplio y complejo, con muchos abordajes posibles y distintas categorías, dependiendo del observador (Cieza, 2010).

Cieza (2010) divide a la violencia en dos grandes categorías: la explícita, hace referencia a si es física, verbal o psicológica; y la implícita, que está compuesta por la “violencia simbólica” (*sensu* Bourdieu, 1999). Este trabajo se basa en la violencia explícita. Específicamente, es de interés la violencia física ya que suele dejar marcas producto de agresiones corporales explícitas, que son susceptibles de ser estudiadas.

Para Pichon-Rivière (1985) “el ser humano es un ser de necesidades que solo se satisfacen socialmente en relaciones que lo determinan”. Esa necesidad es una carencia, un desequilibrio que debe ser resuelto mediante la interacción con otros. El autor afirma entonces, que la violencia aparece como mecanismo de defensa ante la frustración o el miedo de no poder saciar esa falta y lograr el equilibrio (Pichon-Rivière, 1980). La búsqueda de la estabilidad trae consigo conflictos y vínculos fundados en la competencia por la imposición de intereses, cuya consecuencia es la existencia de actos violentos. En particular, la violencia explícita puede aparecer cuando se pierde la dominación inconsciente incluida en la violencia simbólica (fracaso de los mecanismos de legitimación de la dominación) por lo que el dominado se revela y entonces el dominador debe demostrar y ejercer su poder con la fuerza (Cieza, 2010). En este sentido, la violencia, necesariamente implica la intervención de al menos dos participantes: uno violento, quien ejerce la violencia y un violentado, quien es agredido. En contextos forenses se los conoce como victimario y víctima, respectivamente.

## **2.2 Violencia y Proceso Penal**

Según Hobbes (2004 [1651]) la violencia es innata en el hombre, entonces la única forma de detener la guerra de todos contra todos es pactando. Ese pacto termina con la creación de un Estado, que él llama Leviatán, el cual tendrá la función de velar por la vida de las personas y su desarrollo en sociedad. Para lograr su objetivo se apropia de la capacidad de resolución de conflictos entre las personas (Hobbes, 2004 [1651]), y así busca contribuir a restablecer la armonía entre sus protagonistas y conservar la paz social. En la actual sociedad contractual, las personas que la integran pactan, a través de un contrato social, una serie de normas de convivencia y leyes (*e.g.* Constitución Nacional Argentina). Una parte de su libertad y derechos se ceden a favor de la igualdad social y el pleno ejercicio de los derechos humanos.

En el caso local de la Provincia de Río Negro, el Código Procesal Penal (CPP-RN), en su Artículo 14°, deja clara esta relación hobbesiana. En este sentido, la solución de los conflictos o controversias pasa a estar en manos de un tercero que cumple el rol de juez. El juez es un órgano jurisdiccional del Poder Judicial (uno de los tres poderes republicanos), es decir, un representante del Estado que vela por el resguardo de los derechos y garantías y, por lo tanto, tiene la obligación de administrar la justicia (CPP-RN, Art 6°; 23°). Siguiendo esta lógica, las personas, debido a su violencia innata, cometen acciones que atentan a lo establecido en el contrato social. Entonces, el Estado, representado en la figura del juez, abrirá un juicio o proceso con el fin de dictaminar si el accionar de una persona puede ser considerado como un delito y, por lo tanto, ser merecedor de un castigo o pena.

Además, el proceso penal se encuentra compuesto por la parte acusadora o pretendiente, conformada por el Ministerio Público Fiscal (MPF) y la figura del Querellante y la defensa o resistente, integrada por el Ministerio Público de la Defensa y los defensores privados. La primera es la impulsora de la acción penal y debe acusar al imputado. A su vez, el MPF es quien guía la investigación del presunto hecho delictuoso (CPP-RN, Art 54°, 55° y 59°). La segunda es quien ejerce la defensa y protección de los derechos del acusado (CPP-RN, Art 46°). El juez aplicará las leyes emitidas por el poder legislativo buscando la protección de un bien jurídico. En el caso de la violencia física se protege la integridad, tanto física como moral y la vida, entre otros. Esto aparece tipificado en el Código Penal (CP) en los artículos 79, 80 y 81, correspondientes al homicidio y 89, 90 y 91, para las lesiones, por ejemplo. Para clasificar una conducta como delito se debe comprobar que es una acción típica antijurídica y culpable (según la teoría del delito). Es decir, se debe juzgar si el accionar de una persona se corresponde al tipificado como delito por los legisladores de la Nación, si es antijurídico ya que no está protegido por causas de justificación y, por último, si es merecedora de una pena o castigo. En este proceso, tanto al juez como a las partes, se les presentarán dificultades que la justicia no puede resolver por falta de pericia. Ante esta situación podrán solicitar pericias a expertos en alguna ciencia, arte o técnica. Los informes periciales detallarán las operaciones realizadas, los resultados y las conclusiones a las que se ha arribado, fundamentado en los conocimientos del perito (CPP-RN, Art 134°). A su vez, con la reforma del CPP de RN y la adopción del sistema acusatorio, el MPF cobró mayor relevancia en el proceso penal, al igual que la participación de los peritos. En este sentido, es importante que los profesionales de las ciencias auxiliares del derecho y el sistema judicial compartan un léxico común, ya que los análisis de las evidencias realizados por los peritos solo alcanzaran la condición de prueba al ser expuestos oralmente en un juicio oral y público. Por otra parte, la aparición de los jurados populares obliga a los peritos a no solamente conocer términos relativos al derecho, sino a adaptar sus explicaciones a un público diverso y general.

Dos disciplinas prestarán auxilio al poder judicial: la criminología y la criminalística. Según Moreno (2006), la primera se encarga de estudiar el fenómeno criminal, sus causas y cómo se manifiesta en la sociedad. En cambio, la segunda aplica conocimientos, metodologías y técnicas relativas a las ciencias naturales para el análisis de indicios de un posible hecho delictivo en particular.

### ***2.3 Aportes de la antropología a la justicia***

La antropología estudia diferentes aspectos de la humanidad, tanto en sociedades antiguas como modernas (Harris, 1982). En particular, la *antropología biológica* estudia al hombre como organismo biológico. Esta disciplina tiene un desarrollo cuyos inicios se remontan al siglo XVIII, cuando los diferentes imperios colonialistas tenían un interés particular por conocer la biología de las etnias colonizadas (Greene, 1954; Hunt, 1981). Los métodos y técnicas desarrollados a partir de estas investigaciones históricas contribuyeron a distintas disciplinas y se profundizaron según los objetivos perseguidos por cada una de ellas. Algunos estudios se desarrollaron con fines médicos, otros, para profundizar el conocimiento general de las diferentes poblaciones. A partir de los estudios de Lombroso, a fines del siglo XIX, apoyada en el auge del determinismo y la notoriedad de la teoría de la evolución, surge la antropología

criminal. Ésta afirmaba que se podían distinguir distintos tipos de delincuentes, siendo uno el “delincuente nato” que se diferenciaba por presentar estigmas morfológicos heredados (Da Re y Maceri, 2008). A su vez, a mediados del siglo XX, se considera que la antropología forense se constituyó como disciplina independiente cuando los profesionales pusieron su conocimiento a disposición de la justicia (Ubelaker, 2018) (ver capítulo de Antecedentes).

Actualmente, la antropología forense opera en auxilio de la justicia. Ésta brinda información sobre los restos óseos humanos hallados en el contexto de un presunto delito y su entorno. Su aporte se basa en la confección de un perfil biológico (e.g. sexo, edad, talla, rasgos individuales, perfil genético, etc.) con fines identificatorios, la determinación de la causa de muerte, la reconstrucción de la mecánica de las lesiones y la dinámica de los hechos sucedidos a través del análisis de traumas y de las características del lugar de hallazgo (Cuenca, 1994). En particular, este trabajo pretende ser un aporte centrado en el análisis de traumas en los restos óseos con tres fines: diferenciar traumas de enfermedades o modificaciones naturales de la morfología y cómo se produjo; estimar la cantidad de golpes y su secuencia; y distinguir el período en el que fue producida la marca: *antemortem*, *perimortem*, *postmortem* (Gordón, 2011).

## **2.4 Actualismo**

Un peritaje se basa en la identificación, recolección y análisis de indicios. Un indicio se define como material sensible (*i.e.* que se percibe con los sentidos) significativo, relacionado a un posible hecho delictuoso, que aportaría información útil para su esclarecimiento. Muchos indicios son el resultado de fuerzas *pasadas o históricas*. Según Prueger (2010), el lugar de los hechos tiene cuatro dimensiones: tres espaciales (*i.e.* altura, anchura y profundidad) y una cuarta que es temporal. Por lo tanto, una escena tiene varios momentos susceptibles de ser diferenciados. A través del análisis de indicios se pueden reconstruir secuencias sucedidas en la escena. Por ejemplo, en la producción de traumas, se podría ubicar dentro de la escena, en un primer momento, un victimario que con un arma aplica una fuerza direccionada hacia la víctima; en un segundo momento, tendrían lugar los procesos físicos y químicos resultantes del golpe como la dispersión hemática y la deformación del material óseo y, por último, la marca ya impresa en el hueso. Hay secuencias de acciones o procesos actuales observables que tienen como resultados objetos que podrían ser considerados como indicios si su hallazgo se da relacionado a un hecho delictuoso. Es necesario un marco teórico que permita realizar inferencias entre los procesos que generaron los materiales indubitados (*i.e.* se conoce cómo se formaron) y los que generaron los objetos dubitados (*i.e.* no se conoce cómo se formaron). En las ciencias naturales, se utiliza el marco conocido como *actualismo*.

Este Trabajo Final de Grado se enmarca dentro de la perspectiva teórica general del actualismo. En las ciencias que estudian procesos del pasado, el actualismo es un marco muy útil para comprender la dinámica de los procesos que dieron lugar a objetos observables del presente (Shipley, 2004). La premisa básica del actualismo establece que los procesos y mecanismos que suceden en la actualidad son los mismos que sucedieron en el pasado. Por ejemplo, para obtener vapor de agua en la actualidad se necesita energía calórica. En el pasado, para obtener vapor de agua, también se necesitaba energía calórica. Es decir que a igual resultado es posible plantear como

hipótesis básica que el proceso causante es el mismo (Lyman, 1994). A partir de allí, las variaciones contextuales de cada caso permitirán ajustar el modelo. La figura 2.1 esquematiza esta relación entre lo observado en la actualidad (parte superior derecha del cuadro) y lo inferido del pasado (sector inferior izquierdo del cuadro). En la actualidad es posible observar la relación entre los procesos causales y el objeto resultante. Si el proceso que dio origen al objeto resultante ocurrió en el pasado, lo único observable en el presente es el objeto y el proceso será, por lo tanto, inferido.

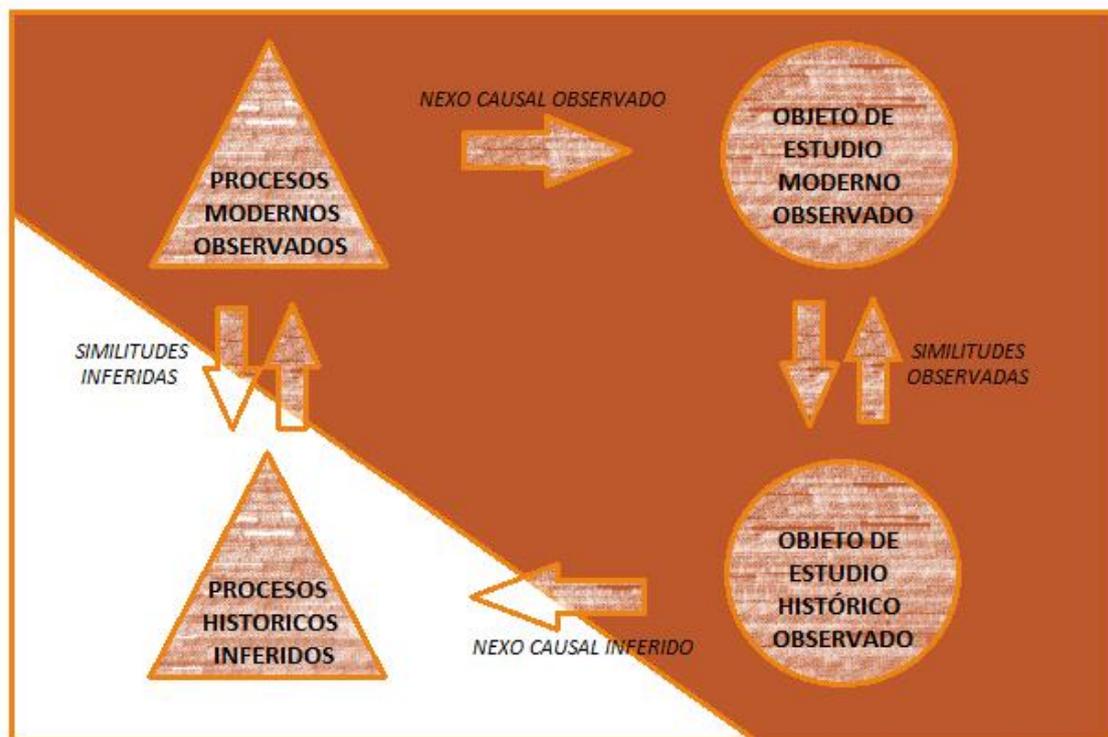


Figura 2.2. Modificado de Gifford-González (1991)

En este sentido, se pueden reconstruir, reproducir y explicar la relación de fuerzas que tienen como resultado una asociación entre una **traza** y el **efector** que la produjo. Una traza es una marca visible resultante de la acción de un **agente causal**, es decir, la aplicación de una fuerza física. El efector es el objeto mediante el cual se aplica la fuerza y el **actor** será quien utilice este efector. La conducta de ese actor se encuentra delimitada por su contexto conductual (*i.e.* las actividades determinadas socioculturalmente) y a su vez, ésta está delimitada por el contexto ecológico en sentido amplio, es decir, según el tipo de ambiente se van a dar más actividades que otras. Por lo tanto, estudiando el contexto ecológico donde ocurrió una marca, se pueden plantear hipótesis que permitan inferir los demás niveles del proceso que no fueron observados (Figura 2.2). Cada nivel sirve de filtro para determinar los siguientes niveles: actor, efector y agente causal que produjeron la marca (Gifford-González, 1991; Marean, 1995).

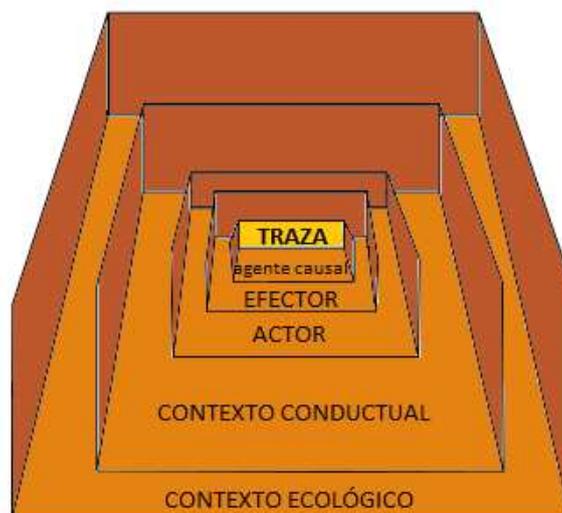


Figura 2.3. Modificado de Gifford-González (1991).

## 2.5 Diseño experimental

El estudio de marcas o trazas preservadas en restos óseos humanos es una línea de evidencia utilizada para dar cuenta de situaciones de violencia en sociedades humanas presentes y pasadas (Gordón, 2011, y referencias allí mencionadas; Wedel y Galloway, 2014). Los estudios realizados desde una perspectiva experimental permiten investigar las causas del fenómeno en cuestión (Pucciarelli, 1974). La investigación actualística, en este caso la reproducción experimental de relaciones causales entre efectores y tejido óseo, se desarrolla como una necesidad de generar modelos e hipótesis acerca de los agentes causales y los procesos responsables de determinados patrones. Su aplicación es propicia en disciplinas como la antropología biológica y criminalística, particularmente en la antropología forense.

La aplicación de estudios experimentales es muy potente ya que permite generar datos derivados de condiciones controladas para comprender mejor las fuentes de variabilidad en los rasgos de huesos con traumas. Sin embargo, el sujeto experimental repercutirá directamente en la similitud entre el proceso observado y el inferido. Debido a un factor de naturaleza ética que limita la aplicación de la perspectiva actualística, (*i.e.* no es admisible la experimentación con seres humanos), esta línea de investigación se ha desarrollado a través de un *proxy* del objeto de estudio. Por lo tanto, se aplica la experimentación indirecta, es decir, se emplea un sujeto distinto al objeto histórico de estudio. La utilización de huesos de otros mamíferos, como *proxies* de huesos humanos resulta una alternativa adecuada para abordar el problema debido a que la posibilidad de extrapolación entre estos elementos aumenta a mayor proximidad filogenética (Pucciarelli, 1974).

*Sus scrofa domestica* es la especie de cerdos que se utiliza para consumo alimenticio humano en nuestra región. Numerosos criaderos producen y faenan estos animales para consumo, por lo cual se hace relativamente simple el acceso a este material. Por estos motivos, en este trabajo se utilizaron cráneos de cerdo como *proxy* de los cráneos humanos. Además, cuentan con similitudes con *Homo sapiens*, por ejemplo, su alimentación omnívora y una serie de características tanto a nivel cutáneo como óseo, de acuerdo a lo que han establecido numerosos autores (Dáeid, Cassidy y

Mchugh, 2008; Gordón, 2011; Gordón y Bosio, 2012; Humphrey y Hutchinson, 2001; Karger, Sudhues, Kneubuehl y Brinkmann, 1998; Margulies y Thibault, 2000).

## 2.6 Marcas de violencia

La violencia física puede provocar traumas en los restos óseos. Un trauma es el daño físico, la irritación o inflamación de los tejidos blandos o duros del cuerpo humano debido a la aplicación de una fuerza sobre éstos (Blau, 2016). En el caso de los huesos un trauma consiste en su modificación, fractura o destrucción, tanto a nivel macroscópico como microscópico. Los traumas esqueléticos, en función del tipo de fuerza aplicada, pueden agruparse en tres clases. En la primera, se encuentran los traumas causados por fuerzas romas o contundentes; la segunda, por fuerzas con filo; y la tercera, por armas de fuego y proyectiles (Blau, 2016). Esta investigación pretende abordar el estudio del primer grupo de traumas. Las lesiones contundentes son el resultado de la aplicación de una fuerza sobre un área extensa causada por objetos duros de superficie obtusa o roma (*e.g.* piedras, garrotes, boleadoras, martillos) (Krenzer, 2006). Estos objetos hacen que el tejido óseo se rompa por impacto directo, o indirectamente, cuando se flexiona el elemento esquelético.

La fuerza puede ser definida como la aceleración de un cuerpo con una masa determinada. Cuando una fuerza es aplicada sobre el material óseo, dependiendo de su magnitud, puede provocar diferentes efectos. Si la magnitud es baja, es decir que el hueso la puede soportar, habrá una *deformación elástica* y el hueso volverá a su forma original, sin alteración estructural visual. Sin embargo, si la fuerza aplicada aumenta y se alcanza el *límite de elasticidad* o *yield point* se producirá una *deformación plástica*, la cual dará como resultado un cambio permanente en la estructura ósea. Finalmente, el resultado de la fuerza será la fractura del tejido óseo cuando la fuerza aplicada exceda el *punto de fractura* o *failure point*. Esto es conocido como el módulo de Young, el cual determina el comportamiento de un material elástico y las fases que atraviesa la materia: elástica, plástica y de rotura (Figura 2.3) (Gordón, 2011; Blau, 2016).

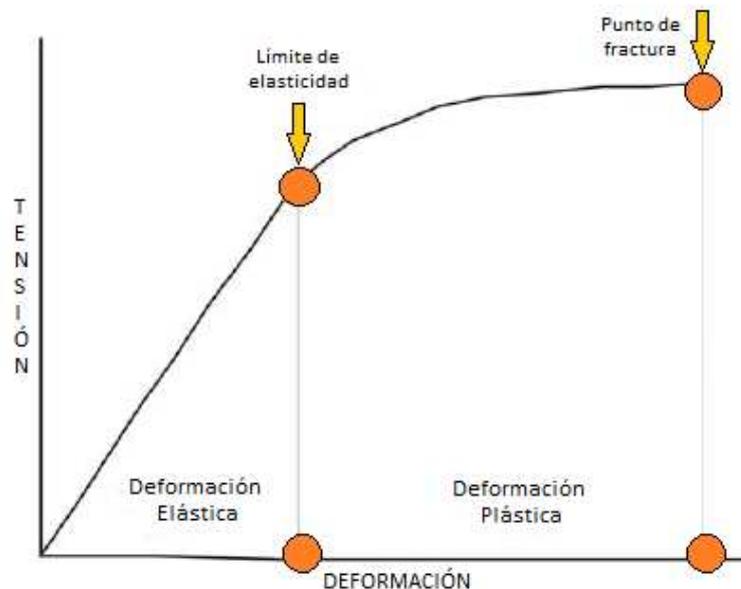


Figura 2.4. Módulo de Young. Diagrama tensión-deformación de tejido óseo. Modificado de Gordón (2011)

Cuando se golpea el material óseo, se produce un hundimiento de la zona de impacto y, contrariamente para compensar, los bordes circundantes tienden a elevarse (Rogers, 1992). Si se vencen las fuerzas tensoras de los huesos, se provoca una fractura para disipar la energía (Kimmerle y Baraybar, 2008). El hueso se romperá en los bordes y la fractura se expandirá linealmente tanto hacia el centro como hacia afuera del área impactada. Una vez que se fracturó el hueso, su resistencia a próximos golpes será menor y, por lo tanto, los nuevos golpes dañarán notablemente el material provocando, en algunos casos, su destrucción.

En estos análisis la forma del efector tiene gran relevancia. Si la zona de impacto es muy amplia, se necesitará más fuerza para producir fracturas y la probabilidad de que el efector penetre será baja. El patrón de fracturas también puede variar dependiendo de la presencia y cantidad de material que amortigüe el golpe (e.g. cuero cabelludo, pelo, sombrero).

Según la magnitud de la fuerza aplicada en el momento de impacto y el tamaño del área impactada, el tejido óseo puede sufrir diferentes tipos de fracturas. Éstas pueden ser lineales o radiales, se extienden longitudinalmente y suelen ser el resultado de fuerzas con una masa grande; concéntricas, es decir que poseen forma circular y en su centro se encuentra el área de impacto, aparecen cuando una masa pequeña impacta a una velocidad elevada (a veces este tipo de lesión puede resultar en la perforación del cráneo y por lo tanto algunos fragmentos de hueso quedan en el interior); y estrelladas, consisten en la irradiación de múltiples fracturas lineales originadas cerca del punto de impacto causadas comúnmente por cargas pesadas de una velocidad relativamente baja (Figura 2.4).

A su vez, las lesiones pueden variar según la edad y las patologías. Es normal encontrar mayor cantidad de fracturas a medida que la edad aumenta y aparecen patologías como la osteoporosis que debilitan el material óseo.

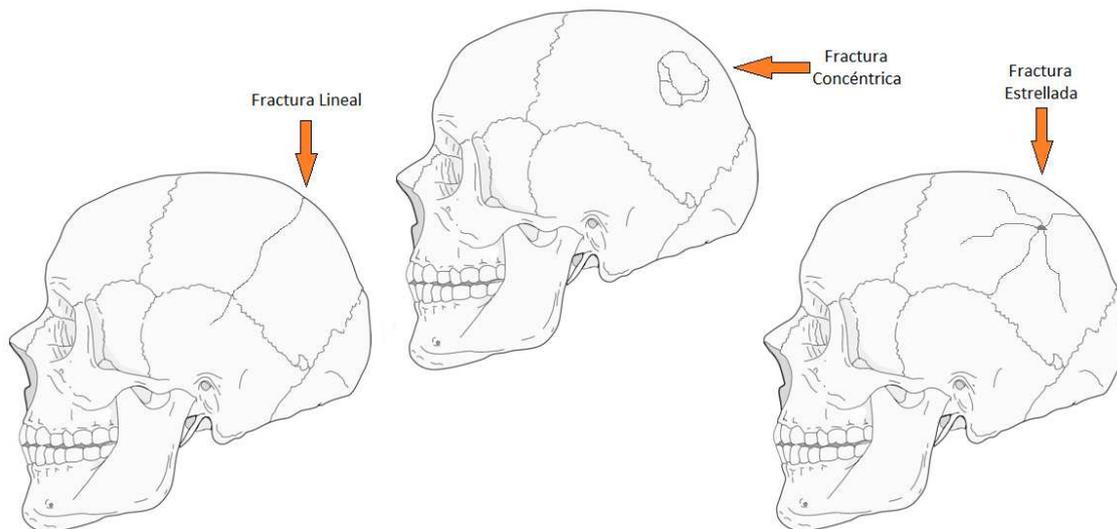


Figura 2.5. Tipos de fracturas.

En este trabajo se analizaron lesiones ubicadas en el neurocráneo, el cual, junto al esplacnocráneo (i.e. esqueleto facial), componen el cráneo. La bóveda craneana o neurocráneo es una estructura parcialmente cerrada cuya función es la de proteger el encéfalo, las meninges craneales (i.e. duramadre, aracnoides, piamadre) y sus cubiertas

membranas adyacentes. Está compuesta por 8 huesos: frontal, parietales (izquierdo y derecho), temporales (izquierdo y derecho), occipital, esfenoides y etmoides (Figura 2.5).

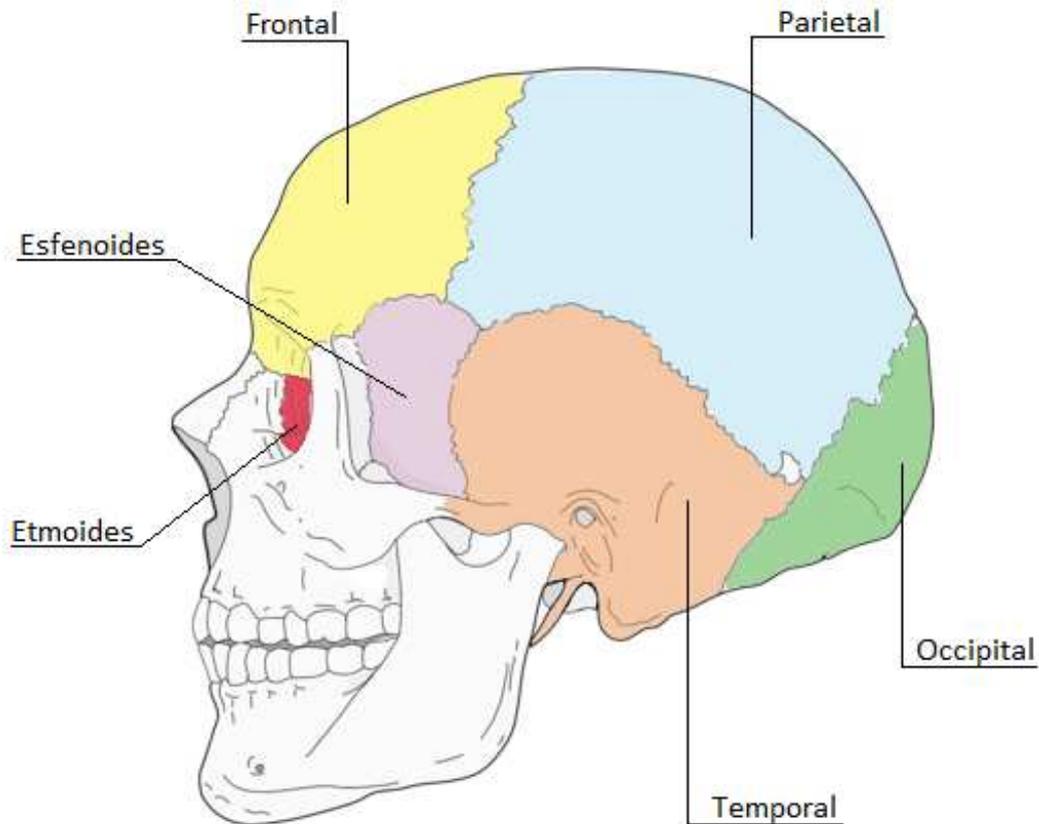


Figura 2.6. Huesos del neurocráneo

Los huesos del neurocráneo poseen una tabla o cara externa y una interna, formadas por tejido óseo compacto (cortical) y entre medio de ellas se encuentra una capa de tejido óseo esponjoso (trabecular) conocido como diploe. El cráneo presenta suturas que articulan los huesos mencionados. Las suturas influyen en el patrón de fracturas ya que absorben fuerza y pueden frenar la progresión de una fractura (Delannoy et al., 2012; Dyer y Fibiger, 2017). Su obliteración tiene relación con la edad, debido a que se van cerrando a medida que avanza la edad del individuo hasta la adultez. A su vez, los huesos de niños son más elásticos que los de adultos, por lo tanto, tienen más tolerancia a la deformación. Las articulaciones craneanas de los niños, aún sin fusionar, provocan que la fuerza sea disipada a través de ellas, por lo tanto, el hueso reduce su probabilidad de quiebre. En cambio, en los adultos, la ausencia de suturas promueve el paso de la energía más allá del área de impacto. Por ejemplo, si una fractura cruza una sutura craneal, se puede afirmar que fue aplicada una fuerza grande (Blau, 2016). A su vez, cuando una sutura está parcialmente cerrada, o incluso cerrada, se pueden observar fracturas que coinciden con su trazo. Estas se conocen como fracturas diastásicas y son el producto de la energía que tiende a correr por esas articulaciones.

## 2.7 Fotogrametría

El rápido avance de la tecnología en la actualidad genera la aparición de técnicas y herramientas cada vez más precisas, acompañado por un incremento notable en la

capacidad de procesamiento de equipos. Esto produce la disminución del tiempo necesario para el análisis de datos, mientras que permite la utilización de métodos más complejos y confiables. El desarrollo de las distintas ciencias no es ajeno a esta situación, sino que se encuentra directamente influenciada, especialmente en la práctica y aplicación de los conocimientos científicos en contextos forenses.

La documentación y fijación de una escena son aspectos importantes en la investigación criminal. Estos se basan en la toma de medidas para establecer la ubicación y relación de los distintos indicios, lo cual permite la reconstrucción de hechos sucedidos, otro aspecto relevante en la investigación forense, sobre todo en casos de lesiones (Sheppard, Cassella y Fieldhouse, 2017). La invención de dispositivos como el GPS (Global Positioning System), las cámaras digitales o los vehículos aéreos no tripulados (VANT) facilitó exponencialmente la realización de estas tareas (Muñoz Nieto et al., 2012).

La infografía forense se encarga de la recreación y representación visual con el fin de favorecer la comunicación de la teoría del caso. Una de las técnicas aplicadas por la infografía forense es la fotogrametría. Se realiza al momento de documentar la escena del hecho permitiendo la representación clara de las medidas tomadas. La técnica se amolda a distintos tipos de escenas (interior y exterior) y fija permanentemente las condiciones encontradas (“escena del crimen”). Desde imágenes 2D la fotogrametría obtiene modelos en 3D que mantienen las características geométricas de los objetos que representan, mediante el uso de relaciones matemáticas establecidas en la geometría proyectiva y de la visión estereoscópica. La medición se realiza a distancia, evitando el contacto físico con el objeto, debido a que las imágenes de los objetos son obtenidas por medios relativos a la toma de fotografías (Jauregui, 2018). Los modelos 3D permiten representar y analizar escenas y objetos que de otra manera sería muy difícil de abordar ya que demandaría mucho tiempo y los expondría a una posible contaminación o destrucción. De esta forma, se minimiza el tiempo de trabajo en el campo ya que se puede fotografiar una escena u objeto significativo, confeccionar un modelo 3D y analizarlo en pocas horas (Falkingham, 2012).

### 3. Antecedentes

En este capítulo se hace una revisión histórica desde los inicios de la antropología forense (AF) hasta la actualidad como saber auxiliar del poder judicial. Se mencionan el caso argentino y el sudamericano. También se hace referencia a las investigaciones y trabajos realizados en la región patagónica que guardan relación con el análisis de lesiones en restos óseos humanos, es decir, de interés para este trabajo. Por último, se analizan las nuevas líneas de investigación vinculadas a contextos forenses.

#### 3.1 Antropología forense en el mundo

El tiempo que lleva la antropología dentro del grupo de las ciencias forenses puede dividirse en tres períodos históricos que le dieron características epistémicas propias (Ubelaker, 1990; Rodríguez Cuenca, 1994; Peláez, 2005). El primer período abarca el final del siglo XIX hasta comienzos de la década de 1940. En ese momento, los profesionales de la antropología física en Estados Unidos comenzaron a brindar sus saberes como auxilio a la justicia para la resolución de casos criminales. En un principio, solamente aportaban a la identificación de personas mediante trabajo de laboratorio. En casos que involucraban el hallazgo de restos óseos, los antropólogos físicos armaban el perfil biológico (*i.e.* estimación de sexo, edad, estatura) para compararlo con las características de las personas buscadas.

Entre las décadas de 1950 y 1980, conflictos bélicos de alcance mundial marcaron el segundo período de impulso a la antropología forense, que ya no solo participaba en casos aislados, sino que aplicaba sus conocimientos a situaciones de otro nivel de complejidad (Cuenca, 1994; Dirkmaat, 2012; Levin, 2015). En especial, la Segunda Guerra Mundial requirió la identificación de miles de soldados y civiles víctimas de los conflictos armados. En catástrofes naturales se aplicó la antropología forense para la identificación de personas muertas por tsunamis, terremotos, etc. Otros conflictos violentos de este período son los crímenes de lesa humanidad y violación de los derechos humanos. En esta última categoría surge la AF en la Argentina, cuya historia se detalla más adelante.

Desde 1980-90 hasta la actualidad se ampliaron los límites del campo de la antropología forense. Dirkmaat (2012) propone el surgimiento de un nuevo paradigma, sustentado en el avance de la tecnología y la informática. Gracias al progreso tecnológico y la generación constante de nuevo conocimiento, las ciencias forenses se caracterizan por ser dinámicas ya que permanentemente, en diferentes partes del mundo, se crean nuevas metodologías, o se aplican con éxito desarrollos tecnológicos de otras disciplinas, que luego serán utilizadas por la justicia o las fuerzas públicas. En este sentido, la invención de la computadora y de dispositivos capaces de realizar múltiples tareas (*e.g.* geolocalización, producción de material fílmico y fotográfico), sumado al desarrollo de softwares estadísticos, permitió el uso de técnicas y métodos más complejos y, además, la obtención de datos más consistentes a la hora de la valoración de la prueba.

Por otra parte, el análisis de los restos esqueléticos ya no comprendería solamente su asociación a una persona, sino que la justicia solicitaría al profesional información de cualquier otro dato relacionado al momento cercano a la muerte. En

este marco, surgió el análisis de traumas en restos óseos humanos, una de las contribuciones más importantes que hacen los antropólogos forenses en el ámbito médico-legal. Como resultado de la participación en distintos casos y la investigación experimental, se generó conocimiento relativo a la biomecánica y la dinámica de las lesiones traumáticas que afectan al hueso (Ubelaker, 2018). La labor del perito, entonces, dejó de relacionarse solamente al estudio morfológico de los restos de las víctimas, sino que agregó a sus actividades la intervención en las escenas exteriores de hallazgo de cadáver y comenzó a utilizar la metodología arqueológica, que considera el contexto como una parte indispensable de la investigación. Se sumó así una mirada profesional a la fijación, recolección e interpretación de los indicios. Así, cuando los expertos participan en el relevamiento del lugar del hecho se identifican los indicios significativos para la teoría del caso y se define la forma más conveniente de abordar la escena y cómo recolectar y trasladar los objetos para su mejor resguardo y valoración. Por consiguiente, se ve beneficiada la aplicación del procedimiento conocido como *cadena de custodia*, el cual tiene por objetivo resguardar la integridad de los indicios mediante su control y protección desde su hallazgo hasta su análisis.

Por su parte, los grandes desarrollos en genética dieron un impulso significativo a las actividades vinculadas a la identificación de personas. Por ejemplo, en el año 1987, se crea en Argentina el Banco Nacional de Datos Genéticos (BNDG) con el fin de aportar evidencia para el esclarecimiento de delitos de lesa humanidad, en especial los relativos a la desaparición forzada de personas. El accionar del BNDG se basa en la obtención, almacenamiento y análisis de información genética para identificar vínculos biológicos entre los restos de las personas desaparecidas y sus familiares.

Por último, en la década de 1990, comenzaron a incorporarse en las investigaciones forenses conceptos y herramientas de otras disciplinas auxiliares que fueron emergiendo en el campo científico como la tafonomía y la entomología.

La tafonomía forense estudia los procesos *postmortem* que influyen en la preservación de restos cadavéricos: la degradación y modificación de los tejidos, manchas o cambios en la coloración, marcas producto de la acción de flora y fauna (*e.g.* raíces, mordidas), entre otros. Por su parte, la entomología forense estudia los artrópodos asociados a los distintos procesos de descomposición de un cadáver. La criminalística se sirve de la entomología cuando es necesario determinar con precisión el intervalo *postmortem*, si se movió o trasladó el cadáver y/o conocer la época del año en la que se produjo el deceso.

### **3.2 Generación de conocimiento en la Antropología Forense. Experimentación**

El conocimiento, en la investigación criminal, se genera mediante dos tipos de métodos diferentes: experimental y comparativo. Mientras que los estudios experimentales se basan en la manipulación de una o más variables para analizar cómo esto altera al fenómeno de estudio en un contexto de control, el comparativo se centra en el análisis de casos ya existentes a través de la observación y el registro (Valdés Moreno, 2008).

Un ejemplo de un método de investigación comparativo es el estudio de material óseo procedente de osteotecas. Una osteoteca es una colección osteológica, es decir, un conjunto numeroso de individuos esqueletizados. Éstos deben presentar buenas condiciones de preservación y tener información documentada sobre características biológicas, culturales, ambientales y cronológicas, para constituirse como referencia de una población determinada. Particularmente, las colecciones conformadas por restos humanos actuales provenientes de cementerios locales o zonales aportan al conocimiento biológico e histórico de sus poblaciones de pertenencia. En contextos médico-legales son de utilidad para identificar a una persona a partir de sus restos óseos de una forma más precisa y con menos sesgo ya que la información generada a partir de la muestra de referencia ayuda a inferir el perfil biológico de los esqueletos hallados.

Los estudios experimentales son una línea relativamente nueva que ha dado resultados promisorios. Las *Body Farms* (o granja de cadáveres) son espacios físicos destinados a la investigación de los fenómenos que afectan al cadáver, mediante la experimentación con cadáveres que son donados en vida a la investigación. La primera granja se creó en el marco del programa de antropología forense de la Universidad de Tennessee (EEUU) bajo el nombre de Centro de Investigación en Antropología (Anthropology Research Facility (ARF)) impulsada por William M. Bass en la década de 1980. Se requirió la participación de Bass en varios casos judiciales y él afirmó no haber tenido conocimiento empírico, es decir base científica, sobre la cual basar sus conclusiones. En este contexto, impulsó la generación de esta información a través de la experimentación. En tierras desocupadas del Centro Médico de la Universidad de Tennessee diseñó una estructura que cumplía la función de una jaula y en ella depositó cadáveres humanos donados. Luego, junto a estudiantes, observó y registró los fenómenos cadavéricos que tienen lugar en el intervalo *postmortem* (Bass y Jefersson, 2008). En base a los buenos resultados logrados, se crearon granjas en diferentes estados de EEUU. La segunda se inició en 2007 bajo el programa de antropología forense de la Universidad Western Carolina conocida como Forensic Osteology Research Station (FOREST)<sup>1</sup>. En 2008 se creó la tercera granja, llamada Forensic Anthropology Research Facility (FARF) dependiente de Texas State University<sup>2</sup>. La cuarta fue Southeast Texas Applied Forensic Science Facility (STAFS) de Sam Houston State University<sup>3</sup>, que luego pasaría a llamarse Applied Anatomical Research Center (AARC). En 2010 se creó The Complex for Forensic Anthropology Research (CFAR) dependiente de Southern Illinois University<sup>4</sup>. Esta última comenzó trabajando con cerdos como *proxies* de humanos y en el 2012 se aceptó la primera donación de un cuerpo humano. The Forensic Investigation Research Station (FIRS)<sup>5</sup> es la sexta y última body farm creada en territorio estadounidense. Inició sus actividades en 2012 y pertenece a Colorado Mesa University. Al igual que la granja de Illinois, también trabajó con cerdos y humanos.

---

<sup>1</sup> <https://www.wcu.edu/learn/departments-schools-colleges/cas/socialsciences/anthsoc/foranth/forensic-anthro-facilities.aspx>

<sup>2</sup> <http://www.txstate.edu/anthropology/facts/labs/farf.html>

<sup>3</sup> <http://www.shsu.edu/~stafs/>

<sup>4</sup> <https://cola.siu.edu/anthro/cfar/>

<sup>5</sup> <https://www.coloradomesa.edu/forensic-investigation-research-station/research.html>

Fuera de EEUU, se creó en 2015 la Australian Facility for Taphonomic Experimental Research, en Sydney, con los mismos objetivos que las granjas americanas. Recientemente, en Amsterdam, Holanda, se habilitó la creación de un cementerio forense en el Netherlands' Academic Medical Center.

En estos espacios de investigación se ha desarrollado una gran variedad de estudios experimentales con cuerpos donados a la ciencia que abarcan tanto análisis entomológicos (*e.g.* observación de la fauna cadavérica para estimar el intervalo *postmortem*), como tafonómicos (*i.e.* observación de los procesos de descomposición cadavérica y su relación con las condiciones ambientales y climáticas). Los resultados de estas investigaciones se constituyen en referencias para aplicar a casos de estudio forense (Bass y Jefersson, 2008).

En Argentina no existe un marco normativo que permita el desarrollo de espacios con esas características. Sin embargo, los estudios experimentales con cadáveres o partes de animales permiten generar información sobre procesos similares extrapolables a casos humanos. Este tipo de estudios se encuentran en el marco teórico denominado *actualismo*<sup>6</sup>.

Dentro de la línea experimental, se han publicado numerosos trabajos sobre estudios que involucran tejido duro tendientes a aportar información más precisa sobre los tipos de lesiones y las armas que las provocaron (Wedel y Galloway, 2014; Ubelaker, 2018). Existen numerosas formas en que un instrumento romo puede impactar un esqueleto. La antropología forense ha aportado el mayor volumen de información en este tema, reportando de manera sistemática el patrón de cada nuevo caso que se investiga, y fomentando la publicación de informes. Asimismo, se plantea la necesidad del diseño de programas de investigación que amplíen la comprensión de cómo reacciona el esqueleto ante diferentes tipos de impacto (Galloway y Wedel, 2014).

### **3.3 La antropología forense en Argentina y su relación con Latinoamérica**

Entre los años 1976 y 1983 se instauró en la Argentina una dictadura militar. Esto propició la vulneración sistemática de los derechos humanos de los ciudadanos. Como método represivo e intimidatorio se practicó la desaparición forzada de personas, es decir, la privación ilegítima de su libertad, en muchos casos seguida por su muerte y ocultamiento del cadáver en un marco de desinformación. Se estima que el número de desaparecidos se encuentra entre 10.000 y 30.000 y el de bebés nacidos de madres en cautiverio, que fueron robados, en aproximadamente 500 (Salado y Fondebrider, 2008; Fondebrider, 2012).

Con el regreso de la democracia, se constituyeron asociaciones y redes sociales de familiares, compañeros de militancia y otros actores de la sociedad, interesados en conocer el destino de los desaparecidos. El ímpetu de estas asociaciones, sumado a la presión mediática, llevó a que a fines de 1983 se creara un ente destinado a la investigación de las prácticas vejatorias realizadas durante la dictadura. Éste se conoció como la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (CONADEP). Junto al

---

<sup>6</sup> En el capítulo dedicado al marco teórico se desarrolló este punto en profundidad.

Poder Judicial, la CONADEP, persiguió las denuncias buscando llenar la falta de información sobre el paradero de miles de personas (Salado y Fondebrider, 2008; Fondebrider, 2012).

En este sentido, se ordenó hacer exhumaciones en cementerios y lugares donde podría haber restos enterrados. Como resultado, se obtuvo una gran cantidad de restos óseos de los cuales solo una parte muy pequeña pudo ser identificada (Levin, 2015). Si bien las excavaciones no se realizaron de manera sistemática y metódica, por personal técnicamente preparado ni fuera de sospechas de corrupción, se observó que estos casos no podían ser abordados siguiendo el procedimiento utilizado para investigar situaciones criminales comunes, sino que debían hacerlo desde una perspectiva científica y legal, que entienda que el criminal era el Estado en su totalidad (Fondebrider, 2012).

En 1984, la asociación Abuelas de Plaza de Mayo requirió a la CONADEP que solicitara asesoramiento a la American Association for the Advancement of Science (AAAS). La AAAS envió una delegación dentro de la cual se encontraba Clyde Snow, reconocido antropólogo forense de origen estadounidense. Su propósito era capacitar a profesionales para el establecimiento y puesta en práctica de nuevas metodologías. Así, a fines de 1984, junto a un grupo de antropólogos, conformó una asociación que se conoció como el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF), cuyos principales objetivos eran la identificación de restos óseos humanos pertenecientes a desaparecidos y su devolución a los familiares, como así también el aporte de evidencias en las causas judiciales contra los militares acusados de participar en esas actividades (Cuenca, 1994; Levin, 2015). Desde 1986 hasta la actualidad, el EAAF extendió su participación en distintos casos en más de 30 países, tanto dentro del continente americano como en el resto del mundo.

La situación argentina a fines de la década de 1970 y principios de la de 1980, no fue un caso excepcional en la región latinoamericana. En general, los distintos países que la componen sufrieron procesos dictatoriales que dejaron numerosas víctimas producto de las prácticas violentas realizadas por los gobiernos de facto (Asociación Latinoamericana de Antropología Forense [ALAF], 2016). En este contexto, el caso argentino fue el punto de partida y un modelo a seguir por los demás países de América Latina. El surgimiento del EAAF y su forma de afrontar los casos de desaparición forzada de personas se propagó rápidamente (Levin, 2015). En 1989 se creó en Chile el Grupo de Antropología Forense (GAF) motivado directamente por el Dr. Snow y demás integrantes del equipo argentino, quienes contribuyeron a la capacitación de los profesionales chilenos (Padilla y Revecó, 2004). El Equipo de Antropología Forense de Guatemala (EAFG), que luego cambiaría su nombre por el de Fundación de Antropología Forense de Guatemala (FAFG), se funda en 1992, también formado por Snow, sus estudiantes y profesionales interesados. Del mismo modo, a inicios de la década del 2000, ganó fuerza la disciplina con el surgimiento del Equipo Peruano de Antropología Forense (EPAF). En el caso de Colombia, a la violencia estatal hay que sumarle las altas tasas de criminalidad y narcotráfico, factor que hacía aún más compleja la investigación. La diferencia observada en el caso colombiano es que la motivación de generar espacios y grupos que respalden a la justicia desde la aplicación de la ciencia y el conocimiento científico surge desde el Estado.

Todos y cada uno de los procesos acontecidos por los países latinoamericanos confluyeron en una disciplina sólida con perspectiva regional para enfrentar las problemáticas comunes nombradas. Esto queda en evidencia con la creación de la Asociación Latinoamericana de Antropología Forense (ALAF) en 2003, entre cuyos objetivos se encuentran promover la antropología forense, fomentar la capacitación en los saberes de la materia y establecer criterios comunes para su buena práctica (Asociación Latinoamericana de Antropología Forense [ALAF], 2016). A futuro recomiendan más formación de recursos humanos; más cátedras de antropología forense; investigación, generación de conocimiento y participación de profesionales en la justicia (Asociación Latinoamericana de Antropología Forense [ALAF], 2016).

El trabajo realizado por el EAAF, a su vez, logró definir una serie de pasos a seguir desde la antropología forense al momento de investigar casos de violación de derechos humanos. Esta nueva metodología consta de 3 etapas. La primera es la investigación preliminar; en esta etapa se recuperan y analizan todas las fuentes orales y escritas que aporten información sobre las personas desaparecidas (*e.g.* descripción física, rutina, etc.) y para la generación de hipótesis sobre la posible ubicación de entierros. En segundo lugar, se ubica el trabajo de campo: se llevan a cabo las excavaciones arqueológicas y la recuperación de los restos y material asociado que sirva para la identificación de los anteriores. Por último, se realiza el análisis de laboratorio, cuyo fin último es la identificación y la determinación de la causa de muerte (Salado y Fondebrider, 2008; Fondebrider, 2012).

Este trabajo final de grado proporciona conocimiento empírico para esta última etapa. Como ya se ha mencionado, las marcas de violencia en huesos son un indicio que contribuye a la inferencia de la posible causa de muerte. Al momento de análisis de los restos óseos es importante reconocer las distintas lesiones ya que permite asociar la traza a una categoría de arma. Siguiendo la lógica del actualismo, se podría inferir qué efector en particular aplicó la fuerza y por lo tanto ganar información sobre el actor que lo utilizó. En este sentido, también aporta al trabajo de los antropólogos forenses que participan en casos actuales, permitiéndoles realizar inferencias más precisas en sus trabajos periciales.

Actualmente, los antropólogos forenses son cada vez más consultados por los distintos juzgados a nivel federal y provincial. Por ejemplo, entre los casos que tomaron relevancia nacional encontramos el de Santiago Ariel Maldonado<sup>7</sup> y el de Luciano Arruga<sup>8</sup>, en los cuales, además de aportar en la identificación de los restos, se les solicitó a los profesionales de la AF que determinen la causa de muerte y si el cadáver presentaba lesiones. A su vez, con trascendencia nacional se encuentran los casos

---

<sup>7</sup><https://www.minutouno.com/notas/3045133-santiago-maldonado-el-equipo-argentino-antropologia-forense-viajo-esquel-analizar-el-cuerpo>

<https://www.lanacion.com.ar/2073610-gendarmeria-ya-diseño-un-tecnico-en-investigacion-criminal-para-participar-de-la-autopsia>

<sup>8</sup><https://www.lanacion.com.ar/1739368-realizaron-una-nueva-autopsia-al-cuerpo-de-luciano-arruga>

<https://www.laizquierdadiario.com/Luciano-Arruga-la-autopsia>

locales de Daniel Solano<sup>9</sup> ocurrido en Choele Choel, provincia de Río Negro, y de Sergio Ávalos<sup>10</sup> en la capital de la provincia de Neuquén. En los cuatro casos mencionados se relaciona el hecho al accionar de fuerzas armadas y de seguridad. Sin embargo, también observamos la participación de peritos en AF en casos de violencia interpersonal como el de Yésica Campos<sup>11</sup> en la ciudad rionegrina de El Bolsón.

El aumento de la asistencia profesional en los contextos forenses se debe, en parte, al impulso y promoción que le dio el EAAF a la disciplina a través de su trabajo en diferentes casos, la publicación de informes anuales y libros, y el dictado de seminarios y capacitaciones. Además, el Estado Nacional viene desarrollando un esfuerzo mancomunado entre los sistemas Científico y Judicial para fortalecer vínculos entre ambos y propiciar avances en ese sentido. Distintas líneas de financiamiento de proyectos, formación de recursos humanos y reuniones entre ambas partes son una elocuente evidencia del interés por promover la producción científica en el ámbito forense (e.g. Cursos de grado y postgrado, Congresos, Jornadas, Programa Nacional de Ciencia y Justicia de CONICET<sup>12</sup>, convenios internacionales para el desarrollo de programas de postgrado).

### **3.4 Investigación en Patagonia**

En la región Patagónica se llevaron a cabo estudios sobre tafonomía humana y también acerca de patrones de violencia. Sin embargo, estas líneas de investigación se enmarcan en estudios de poblaciones antiguas, es decir que los análisis se realizaron en particular desde una perspectiva arqueológica. Específicamente, en cuanto a análisis de traumas en restos óseos, se encuentran los trabajos de Gordón y colaboradores. En una serie de cráneos de cerdo (*Sus scrofa*) se buscó replicar lesiones halladas previamente en una muestra de cráneos humanos arqueológicos procedentes del NE de la Patagonia. A partir de una serie de características de las lesiones se hipotetizó que éstas podrían corresponder a la acción de armas blancas, y por lo tanto, a momentos de contacto o posteriores al contacto hispano-indígena, hipótesis que se puso a prueba a través de un modelo experimental (Gordón 2009a, 2009b, 2011; Gordón y Bosio 2012).

Por último, en la actualidad, se están desarrollando líneas de investigación relacionadas a contextos forenses desde una perspectiva tafonómica, con el fin de inferir la historia postdeposicional de los individuos (Tapia, 2017), y entomológica, la cual busca explicar el patrón de dispersión de larvas postalimentarias de Calliphoridae (Lavezzo *et al.*, 2017). Ambas líneas de investigación, en conjunto con la desarrollada en el presente trabajo, tienden a aportar información relevante para los peritajes judiciales.

---

<sup>9</sup><https://www.rionegro.com.ar/policiales/la-importancia-de-las-antropologas-en-la-busqueda-de-daniel-solano-MD4342871>

<sup>10</sup><https://www.rionegro.com.ar/neuquen/forenses-realizan-excavaciones-un-busca-del-cuerpo-de-sergio-avalos-FE4457700>

<sup>11</sup>[https://www.rionegro.com.ar/policiales/consultan-a-antropologos-para-esclarecer-el-crimen-de-yesica-LQRN\\_7642902](https://www.rionegro.com.ar/policiales/consultan-a-antropologos-para-esclarecer-el-crimen-de-yesica-LQRN_7642902)

<sup>12</sup><https://www.conicet.gov.ar/programas/ciencia-y-justicia/>

## 4. Materiales

### 4.1 Descripción de la muestra arqueológica

En el marco de esta investigación se analizaron lesiones contundentes (n=25) presentes en una muestra compuesta por 20 cráneos humanos provenientes de diferentes sitios arqueológicos (Anexo 1). La muestra seleccionada corresponde a diversas colecciones de la División Antropología del Museo de La Plata (Universidad Nacional de La Plata) (Figura 4.1). Los cráneos proceden de diversas áreas de Pampa y Norpatagonia: 9 provienen de La Pampa (Nº Catálogo del Museo de La Plata: 294, 295, 312, 329, 344, 353, 382, 398 y 399), 1 de Neuquén (Nqn) (766), 3 del valle inferior del río Negro (RN) (783, 812, 939) y 7 del valle inferior del río Chubut (RCh) (997, 1021, 1029, 1058, 1125, 1129 y 1304) (Lehman-Nitsche 1910).

Como se mencionó anteriormente, la muestra arqueológica utilizada en este trabajo fue estudiada previamente por la Dra. Florencia Gordón.

Se siguieron las asignaciones de sexo y edad estimadas por Gordón como así también la cronología de los individuos establecida sobre la base de fechados radiocarbónicos y modalidades de modificaciones artificiales de los cráneos (Gordón, 2011).

De los individuos analizados, 13 corresponden al sexo masculino (M), 5 al sexo femenino (F) y 2 son de sexo indeterminado (I). En relación con la procedencia hay 7M y 2F de la región pampeana (n=9); 1M de Neuquén (n=1); 1M, 1F y 1I de RN; 4M, 2F y 1I de RCh (Tabla 4.1).

Tabla 4.1

*Distribución de los individuos por sexo y procedencia.*

	Masculinos	Femeninos	Indeterminados
Pampa	7	2	0
Neuquén	1	0	0
VIRN	1	1	1
VIRCh	4	2	1
Total	13	5	2

Procedencia de los individuos: VIRN: valle inferior del río Negro; VIRCh: valle inferior del río Chubut.

En cuanto a la edad, de los 20 individuos analizados, 18 tienen más de 20 años, 1 es subadulto<sup>13</sup> de alrededor de 18-20 años y 1 individuo no pudo ser asignado a una categoría. Se consideraron categorías amplias dentro de “adultos” (Adultos jóvenes, medios y seniles) siguiendo los criterios propuestos por Buikstra y Ubelaker (1994) en base al estado del cierre de las suturas craneanas (Tabla 4.2).

Tabla 4.2

*Distribución de la muestra por categorías de edad y procedencia.*

	AS	AM	AJ	A	S	I
Pampa	4	3	2	0	0	0
Neuquén	0	1	0	0	0	0
VIRN	0	1	0	1	1	0
VIRCh	2	2	2	0	0	1
Total	6	7	4	1	1	1

Edad de los individuos: AS: Adultos seniles (> 50 años); AM: Adultos medios (35-49 años); AJ: Adultos jóvenes (20-34 años); A: Adultos indeterminados (>20 años); S: Subadultos (<19 años); I: Indeterminados (no se pudo asignar a adulto ni subadulto). Procedencia de los individuos: VIRN: valle inferior del río Negro; VIRCh: valle inferior del río Chubut.

Cronológicamente, todos los individuos corresponden al Holoceno tardío final (desde 1500 años antes del presente hasta el contacto hispano-indígena).

Como se mencionó, la muestra seleccionada para este trabajo formó parte de una investigación que tenía entre otros, el objetivo de evaluar hipótesis relacionadas con incrementos de situaciones de conflicto en grupos cazadores-recolectores. Por lo tanto, un dato fundamental con el que se contó, en la base para la selección de casos arqueológicos, fue la presencia de lesiones traumáticas de tipo contundente (Gordón, 2011).

<sup>13</sup> *Subadulto* es una categoría de edad consensuada a partir del desarrollo óseo de los individuos. Se considera que un individuo alcanza la adultez cuando su osificación está completa, es decir cuando los cartílagos de crecimiento están osificados. Sin embargo, los centros de osificación no obliteran todos a la misma edad, sino que varían según el elemento óseo, el sexo, y otros factores culturales y genéticos (Krenzer, 2006).



Figura 4.1. Parte de la muestra arqueológica analizada seleccionada de diversas colecciones de la División Antropología del Museo de La Plata (UNLP). En algunos casos la lesión es más visible (donde hay pérdida ósea). En otros casos, el registro fotográfico debió ser más detallado ya que se requiere mayor acercamiento para observar la lesión.

## 4.2 Descripción de la muestra experimental

La muestra experimental está compuesta por 21 cráneos de cerdo (*Sus scrofa domestica*) subadultos de sexo desconocido. Las cabezas fueron suministradas por dos criaderos de la zona en diferentes momentos a lo largo de cuatro meses. La edad de muerte de todos los especímenes es similar (Figura 4.2).



*Figura 4.2.* Cráneos pertenecientes a la muestra experimental

### ***4.3 Descripción de las armas/efectores***

En este trabajo se utilizaron cuatro elementos de golpe contundentes: garrote de madera, bola de boleadora, piedra y martillo de metal (Figura 4.3). El último elemento es el efector contundente más común en casos forenses mientras que los tres primeros fueron utilizados frecuentemente en contexto de violencia interpersonal en momentos de pre-contacto con la sociedad colonial (Gordón, 2011), por lo cual los resultados alcanzados en este trabajo no solo serán de utilidad para la investigación forense, sino también para la arqueológica. Piedra y garrote también han sido reportados en casos forenses, aunque en menor medida (Baraybar y Kimmerle, 2008).

Se registraron datos de peso, morfología (variables métricas) y material (materia prima) de los efectores con el objetivo de evaluar en el futuro<sup>14</sup> la asociación entre estas variables y la variación en la forma de la lesión. Se confeccionó una ficha de registro de las características de cada arma.



Figura 4.3. Efectores utilizados: a) Martillo y piedra. b) Garrote de madera. c) Boleadora, se puede observar el surco. d) La misma boleadora de andesita sujeta por el tiento de cuero, así se la preparó para el experimento.

<sup>14</sup> Algunos objetivos contemplados en el diseño de muestreo y registro exceden los objetivos del presente trabajo. Sin embargo, fueron registrados con el fin de continuar con esta línea de investigación en el mediano plazo.

*Martillo:* Es una herramienta de percusión. En este caso, se utilizó un martillo de bola cuya cabeza es de metal y su mango de madera. Tiene un peso de 454 g. La longitud del mango es 249 mm y su ancho 30,4 mm. En cuanto a la cabeza, tiene 97 mm de longitud y 29,2 mm de ancho máximo. Su cara, que en esta situación coincide con la zona de impacto, tiene un diámetro de 28 mm.

*Garrote:* Para este trabajo se empleó un garrote de madera que pesa 473 g. Su longitud es 476 mm y su ancho máximo 55 mm.

*Piedra:* Es un material natural sólido caracterizado por su dureza y consistencia. La piedra usada es de cuarzo y pesa 1514 g. Tiene un diámetro máximo de 154,26 mm y un diámetro transversal al máximo de 134,8 mm. Su altura máxima es de 66,92 mm.

*Boleadora:* Es un arma de caza arrojadiza. Está compuesta por una bola de andesita, que posee un surco ecuatorial tallado y una sogá o tiento de cuero. En cuanto a la bola, tiene un diámetro máximo de 61,86 mm que se encuentra de manera transversal al surco. Este último tiene una profundidad de 1,05 mm y un diámetro máximo de 54,78 mm. La sogá tiene un largo de 850 mm aproximadamente y un ancho de 9,2 mm. El diámetro del surco de la boleadora con la sogá colocada es de 69,7 mm.

Los criterios de elección de las armas fueron, en primer lugar, que se correspondieran con armas de uso corriente en contextos antiguos como presentes (*i.e.* arqueológicos y forenses). Por otra parte, se consideró abarcar cierta diversidad en relación con el tamaño, peso, masa y material, entre otras variables, a fin de obtener una muestra de lesiones igualmente diversa y que tenga el potencial de generar hipótesis de asociación entre tipos de lesiones y tipos de armas efectoras.

Debido a que se trabajó con una muestra de cráneos arqueológicos se incorporaron elementos pre-contacto, tales como boleadoras, piedras y garrotes. Asimismo, como el objetivo principal de este trabajo se relaciona con estudios forenses, se consideró un tipo de elemento que no estuvo presente en contextos arqueológicos (*i.e.* martillo de metal). De esta manera, uno de los aportes más relevantes de este trabajo, y que abre una línea poco explorada en nuestro país, son las implicancias y aplicaciones que conlleva, tanto en contextos forenses como bioarqueológicos.

## 5. Métodos

### 5.1 Diseño experimental

El diseño experimental empleado en este trabajo está basado en la propuesta de Gordón (2011) para armas blancas correspondientes a momentos de contacto hispano-indígena. Ese estudio permitió comparar los efectos que producían las armas de hojas de metal y filo recto a nivel óseo en una muestra de cráneos experimentales con las lesiones halladas en la muestra de cráneos humanos (Gordón, 2011; Gordón y Bosio, 2012). En el presente trabajo de investigación, se siguió esta metodología adaptada al tipo de armas y lesiones de interés (*i.e.* contundentes), para lograr una muestra indubitada confeccionada por lesiones generadas en restos óseos con las armas seleccionadas. En otros términos, se generó una asociación efector-traza conocida a través de la observación directa. Esta se cotejó con una muestra dubitada de lesiones contundentes en restos óseos humanos procedentes de contextos arqueológicos (*i.e.* asociación efector-traza desconocida, sólo se tiene acceso a la traza), con el objetivo de identificar el tipo de elemento que habría producido la lesión.

La experimentación consistió en la producción de lesiones a 21 cráneos de cerdos (*Sus scrofa domestica*) subadultos de sexo desconocido. Para ello, se utilizaron las cuatro armas mencionadas en el apartado anterior: martillo, garrote de madera, piedra y boleadora.

Se estableció un número de identificación a cada uno de los 21 cráneos de cerdo (Número de Identificación de Cerdo - NIC). La numeración comenzó en el NIC 0 y finalizó en el NIC 20. El cráneo correspondiente al NIC 0 se utilizó poner a prueba los diferentes efectores y el dispositivo experimental, a los efectos de ajustar las características del golpe (*i.e.* fuerza y lugar del impacto), el andamiaje del cráneo y asegurar que el golpe produjera un efecto potencialmente registrable. Los 20 cráneos restantes fueron divididos en 4 grupos de 5 individuos. A cada grupo se le asignó un efector. Las cabezas relativas al NIC 1 hasta el NIC 5 fueron golpeadas con martillo, desde el NIC 6 al NIC 10 con garrote de madera, los casos entre el NIC 11 y el NIC 15 con piedra y, finalmente, los individuos del rango NIC 16 al 20, con boleadora (Anexo 2, Columna #Cráneo).

Se produjeron tres golpes por cráneo, excepto los NIC 2, 3, 4 y 5, que fueron golpeados en cuatro oportunidades. A los golpes también se les asignó un número según su orden en la sucesión (Anexo 2, Columna #Golpe), siendo "1" el primer golpe, "2" el segundo, "3" el tercero y, en los casos ya destacados, "4" para el cuarto golpe. Por último, se agregó un número para indicar si el golpe produjo lesiones o no (Anexo 2, Columna #Lesión). En los casos positivos el número coincide con la numeración asignada al golpe, pero a los casos negativos se les designó una "x" (Anexo 2, Columna #Lesión=x).

Como resultado de este sistema de numeración, por ejemplo, el NIC 1.1.x hace referencia a que el primer golpe aplicado al cráneo 1 con el martillo, no provocó una lesión observable en el material óseo. Por el contrario, el NIC 1.2.2, indica que el segundo golpe realizado con martillo también en el cráneo 1, dejó una marca en el hueso. (Anexo 2, Columna #NIC). También hubo casos en los que más de un golpe percutió exactamente en el mismo lugar del cráneo. Ante esta situación se decidió relevar la marca una sola vez, y se dejó al *golpe redundante* (GR) sin información en la

tabla. A los GR se les denominó con un “\*” (asterisco). Así, el NIC 3.4.\* indica el GR que impactó sobre el NIC 3.2.2, y los NIC 20.2.\* y 20.3.\* hacen lo mismo para el NIC 20.1.\* (Anexo 2, Columna #Lesión=\*). El objetivo de generar más de un golpe por cráneo fue obtener una muestra máxima de 64 lesiones susceptible de ser tratada estadísticamente.

La preparación de las cabezas consistió en retirar la piel con cuchillos y bisturí. Se conservó una fina capa de tejido blando (*i.e.* músculo, grasa, cartílago) a fin de emular el cuero cabelludo humano (Figura 5.1). De este modo, la interfase entre el hueso y la superficie de cada cabeza fue representada por 3 a 5 mm de masa muscular y tejido conectivo. La elección de *Sus scrofa domestica* como análogo experimental se debe a que esta especie comparte con *Homo sapiens* un conjunto de características a nivel óseo y cutáneo que la tornan útil en términos comparativos, principalmente en contextos forenses (Dáeid et al., 2008; Gordón, 2011; Gordón y Bosio, 2012; Humphrey y Hutchinson, 2001; Karger et al., 1998; Margulies y Thibault, 2000).



Figura 5.1. Remoción del tejido blando

Se confeccionó un andamiaje en el cual fueron ubicadas las cabezas de cerdo de tal manera que conservaran una limitada movilidad relativa al eje vertical, es decir que no pendieran libremente cuando fueran impactadas, ni que quedaran completamente fijas, ya que ambas situaciones diferirían de la situación de movilidad real producida al golpear a un individuo vivo. La estructura poseía una base en la cual se apoyaron las cabezas con el objetivo de emular el sostén que aporta la columna vertebral al cráneo humano. Ésta consistió en dos baldes llenos de arena ubicados en el suelo, uno al lado del otro, los cuales contenían uno de los extremos de una vara de madera (palo de escoba). El extremo opuesto se introdujo por la fosa cigomática, ocupando la cavidad ocular. Además, los cráneos estaban sostenidos por una soga elástica que en sus límites poseía un gancho, a un punto que se encontraba por encima de estos, siguiendo la línea recta vertical de toda la estructura. Los ganchos laterales sujetaban dos precintos colocados en los arcos cigomáticos, uno en cada uno, y el centro de la soga era tensado por un alambre que la unía a una barra saliente de la pared. Esto último brindaba la movilidad buscada (Gordón, 2011). En la Figura 5.2a se ilustra el dispositivo armado para lograr este efecto.



*Figura 5.2. a) Confección del andamiaje*



Figura 5.2. b) Estructura completa para la realización de la experimentación

Todos los golpes efectuados con martillo, garrote y piedra fueron realizados por el mismo operario, autor del presente trabajo. En el caso de la boleadora, se convocó a una persona que manejara la técnica de bolear. El Sr. Antonio Flores, agente municipal con experiencia en el campo participó en esta etapa de la experimentación.

La limpieza posterior del material se realizó mediante hervido de los restos con detergente de uso doméstico y secados a temperatura ambiente.

Todo el proceso experimental fue filmado y fotografiado con el objetivo de, en futuros análisis, estimar la fuerza aplicada en cada golpe mediante software de análisis de dinámica y cinética (Pregliasco, 2018 com pers). Para esto se fijó una cámara sobre un trípode a 90° de la estructura experimental y se filmó un plano horizontal del momento en el cual se impactó cada cráneo. A su vez, se colocó una referencia métrica (cinta métrica de color rojo) en posición opuesta a la cámara (Figura 5.2b).

## 5.2 Registro de variables

Los traumas fueron registrados en fotografía digital de alta calidad. Se midió, cuando fue posible<sup>15</sup>, la profundidad con calibre vernier con una precisión de 0.02 mm. Con el mismo instrumento se registraron otras variables cuantitativas (métricas) como diámetro máximo y perpendicular (ortogonal al máximo). Por otro lado, se realizó una descripción a partir de variables cualitativas que aparecen en huesos frescos (*perimortem*) cuando son impactados. En primer lugar, la presencia o ausencia de fracturas, destacando en los casos de presencia, si éstas correspondían a las categorías lineales (FL), concéntricas (FC) y/o estrelladas (FE) (ver capítulo Marco Teórico). Luego, la presencia o ausencia de lascas (pequeñas escamas de hueso) adheridas a bordes de fracturas (LA). También, la presencia o ausencia de bordes elevados (BE), generados al deformarse plásticamente el material óseo. Por último, la presencia o ausencia de

---

<sup>15</sup> En algunos casos que presentan pérdida de material óseo no es posible medir la profundidad de la lesión ya que no hay una superficie (un “fondo”) que sirva de referencia.

pérdida ósea (PO), es decir la falta de unidades anatómicas o fragmentos de ellas. Estas variables fueron relevadas a ojo desnudo y/o con una lupa de hasta 10X. Se relevaron las mismas variables (tres métricas y seis cualitativas) para ambas muestras (*i.e.* experimental y arqueológica), con el fin de asegurar un grado adecuado de comparabilidad de los datos.

Los resultados del trabajo experimental fueron comparados con los traumas detectados previamente en una muestra de cráneos humanos de origen arqueológico ( $n=20$ ) con lesiones, presumiblemente, contundentes ( $n=25$ ), depositados en el Museo de La Plata. Si bien previamente se sugirió que esos traumas habrían sido producidos por la acción de armas contundentes, no se había planteado una asociación probabilística mediada por los resultados de un diseño experimental (Gordón 2009b, 2011).

## **5.3 Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con los programas estadísticos PAST (Hammer, Harper y Ryan, 2001) y R (R Core Team, 2017), ambos de acceso libre y gratuitos.

### **5.3.1 Variables Cuantitativas**

El tratamiento cuantitativo de los datos se realizó mediante la aplicación de estadística descriptiva e inferencial. Los datos se organizaron en planillas de cálculo. Se realizó la exploración de los datos a partir de estadísticas descriptivas y gráficos, con el fin de identificar patrones que induzcan al planteo de nuevas preguntas.

#### **5.3.1.1 Métodos Univariados**

Se utilizaron pruebas de Kruskal Wallis (análisis de la varianza univariado no paramétrico, o K-W) para comparar, en cada variable cuantitativa por separado, las diferencias en el efecto de cada arma. Este método pone a prueba si los grupos de datos siguen una distribución similar, es decir, si varían de una forma semejante y, por lo tanto, pertenecen a poblaciones con medianas parecidas. En los casos que se detectaron diferencias significativas entre los grupos (pruebas de K-W significativas), estos fueron comparados mediante la prueba de Dunn, con la corrección de Benjamini-Hochberg. Esta prueba permite identificar qué par o pares de grupos difieren entre sí.

#### **5.3.1.2 Métodos Bivariados**

Se utilizaron métodos bivariados (*i.e.* coeficiente de correlación de Spearman) para evaluar las asociaciones entre los tres posibles binomios: profundidad - diámetro máximo, profundidad - diámetro transversal y diámetro máximo - diámetro transversal.

#### **5.3.1.3 Métodos Multivariados**

Se hicieron comparaciones multivariadas no paramétricas (PERMANOVA) a partir de las tres variables métricas (los dos diámetros y la profundidad). Esto permitió comparar los efectos de las cuatro armas contemplando las tres variables juntas.

### 5.3.2 Variables Cualitativas

Las asociaciones entre las variables cualitativas (*i.e.* FL, FC, FE, LA, BE y PO) se evaluaron a partir de tablas de contingencia. Éstas brindan información sobre la dependencia entre variables, en este caso, la cantidad de presencias y ausencias de fenómenos relativos a los traumas óseos según las diferentes armas. A su vez se generaron gráficos para ofrecer una mejor visualización y comprensión de los datos.

### 5.3.3 Comparación Arqueológico vs. Experimental

A partir de las variables métricas y las no métricas se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico o NMDS por su sigla en inglés, con el objetivo de realizar un ordenamiento multivariado de los casos, detectar tendencias y agrupamientos entre las marcas arqueológicas y explorar asociaciones de ambos tipos de marca. El NMDS se realizó a partir de una matriz de similitud calculada con el índice de distancia euclidiana.

## 5.4 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite realizar mediciones sobre fotografías. Se basa en un software (en este caso se utilizó Agisoft Photoscan) que nuclea todas las fotografías, reconoce puntos en común en las distintas imágenes 2D y a través de triangulación y de la aplicación de algoritmos crea modelos 3D (*i.e.* alinea los objetos en los ejes x,y,z) (Sheppard et al., 2017). Según el medio utilizado para tomar las fotografías, se la puede clasificar como terrestre o aérea. En este trabajo se utilizó la fotogrametría terrestre de corto-rango, la cual consiste en la obtención de fotografías a través de un sensor pasivo, es decir una cámara de mano. Se usa un elemento portátil y liviano que da libertad de movimiento al fotógrafo para buscar los mejores ángulos para la reconstrucción del objeto. A su vez, el uso de cámaras digitales lo vuelve un método económico y fácil de reproducir (González-Aguilera y Gómez-Lahoz, 2009).

La metodología seguida para la aplicación de la fotogrametría consta de varios pasos. En un primer momento, se fotografía el objeto o la escena a modelar desde diferentes ángulos, distancias y desde todas las direcciones debido a que el software reconocerá los puntos desde donde han sido tomadas las imágenes. Se abarca la mayor parte posible del objeto en cada fotografía, cada punto debe aparecer como mínimo en tres imágenes dado que es importante generar un alto porcentaje de superposición. Los objetos que presenten mayor dificultad necesitarán más cantidad de fotos. Para obtener mayor calidad se usan puntos de referencia que el software identificará. También se deben usar testigos métricos para escalar el modelo ya que el resultado dado por el software no se encuentra escalado (Falkingham, 2012).

Los pasos siguientes son realizados con el software, es decir, digitalmente. Primero, se establecen los puntos en común que hay en las fotografías y la posición de la cámara, luego se crea la nube densa de puntos, la malla, y por último, la textura. Finalmente, se escala y así se pueden tomar medidas desde el modelo.

En este trabajo se aplicó la fotogrametría con fines gráficos, descriptivos y de registro. Se tomaron fotografías con una cámara digital de 8.0 Megapíxeles a tres cráneos arqueológicos (Individuos 295, 329 y 1021). Con ellas se crearon tres modelos

3D a través del software Agisoft Photoscan. El uso de esta poderosa herramienta permite generar una colección digital a la cual acudir para revisar información y a su vez, utilizar los modelos como forma gráfica significativa de presentación del trabajo de investigación. Una aplicación ulterior de una colección digital es compartir una reconstrucción fiel del objeto con investigadores que se encuentren en otros lugares de trabajo y no tienen acceso al material original. Asimismo, esta técnica reduce el tiempo de manipulación de material sensible como son los restos humanos y/o el material arqueológico.

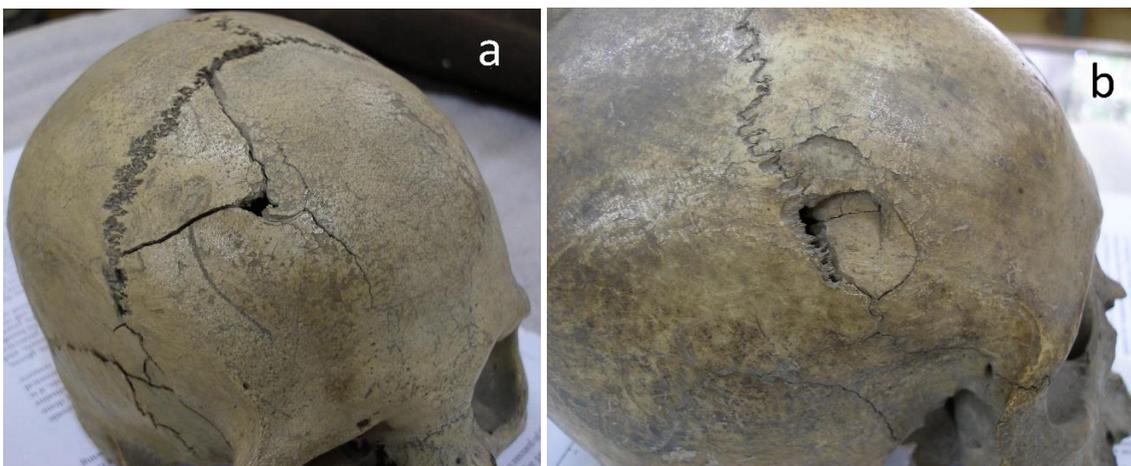
La fotogrametría es una técnica novedosa y promisoría para las investigaciones forenses y bioarqueológicas. Uno de los objetivos que persigue este trabajo es el de introducir esta técnica y, a futuro, profundizar en la generación de modelos que dinamicen la implementación de análisis complejos y la producción de nuevo conocimiento.

## 6. Resultados

### 6.1 Muestra arqueológica

#### 6.1.1 Análisis macroscópico

En la muestra de cráneos arqueológicos se observaron las diferentes variables seleccionadas para el estudio de patrones de lesiones contundentes. Se registró la presencia de tres tipos distintos de fracturas: lineales, estrelladas y concéntricas (Figura 6.1). También se relevaron las fracturas que presentaban, en sus bordes, pequeñas escamas óseas que no se habían desprendido completamente del material óseo, lo que indica que el hueso se encontraba en estado fresco al momento del impacto. A su vez, algunos casos evidenciaban lesiones de gran tamaño y la pérdida de grandes fragmentos de hueso (Figura 6.2). Sin embargo, varios casos exhibían deformaciones plásticas, es decir, marcas que reflejan una menor cantidad de daño, sin llegar a fracturar el hueso (Figura 6.3). Estas imágenes fotográficas se muestran a modo de ejemplo de cada tipo de lesión. No se muestra la totalidad de las lesiones relevadas, aunque el registro se realizó sobre toda la muestra (n=20) para eventuales consultas y análisis en el futuro.



*Figura 6.1 a) Fracturas lineales y fractura estrellada observadas en el individuo 382*

*b) Fractura concéntrica relevada en el individuo 783*

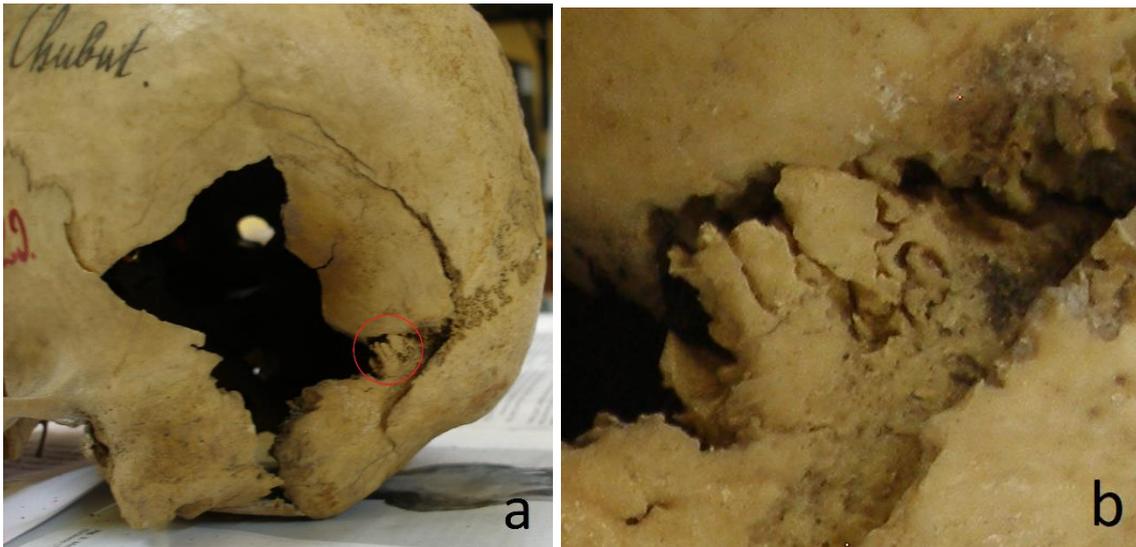


Figura 6.2 a) El individuo 1129 presenta tanto la pérdida de material óseo como lascas adheridas al borde de la fractura (círculo rojo); b) Acercamiento sobre las lascas adheridas.



Figura 6.3. Se observa una lesión con bordes elevados en el individuo 1021.

### 6.1.2 Análisis estadístico

De 25 lesiones analizadas, se observó la presencia de fracturas en nueve casos (36%). De ellos, la totalidad presenta fracturas lineales (FL), a su vez, sete exhiben fracturas concéntricas (FC) y dos evidencian la presencia de fracturas estrelladas (FE). También, en siete de los nueve casos se observaron lascas en los bordes de las fracturas

(LA). Se detectó pérdida ósea (PO) en la misma proporción. Por último, la variable bordes elevados (BE) se evidenció en 12 casos (48 %) (Tabla 6.1).

Tabla 6.1

*Distribución de los valores para las variables cualitativas según presencia, ausencia y porcentaje de presencia.*

	Presencia	Ausencia	%P
FL	9	16	36
FC	7	18	28
FE	2	23	8
LA	7	18	28
BE	12	13	48
PO	7	18	28

Referencias: FL: fracturas lineales, FC: fracturas concéntricas, FE: fracturas estrelladas, LA: lascas adheridas a bordes de fractura, BE: bordes elevados, PO: pérdida ósea, %P: porcentaje de presencias.

## **6.2 Muestra experimental**

### **6.2.1 Análisis General/Macroscópico**

Al igual que en la muestra arqueológica, se registraron las variables seleccionadas para el análisis de lesiones contundentes en la muestra experimental. Los datos se ordenaron en cuatro grupos según el efector que produjo la marca: martillo (Figura 6.4a), boleadora (Figura 6.4b), garrote de madera (Figura 6.5a) y piedra (Figura 6.5b).



Figura 6.4 a) Lesión provocada con *martillo* correspondiente al NIC 1.2.2

b) *Golpe redundante* (GR) provocado con *boleadora* (NIC 20.1.1). Se observa la presencia de todos los tipos de fracturas, lo cual evidencia un gran nivel de daño.

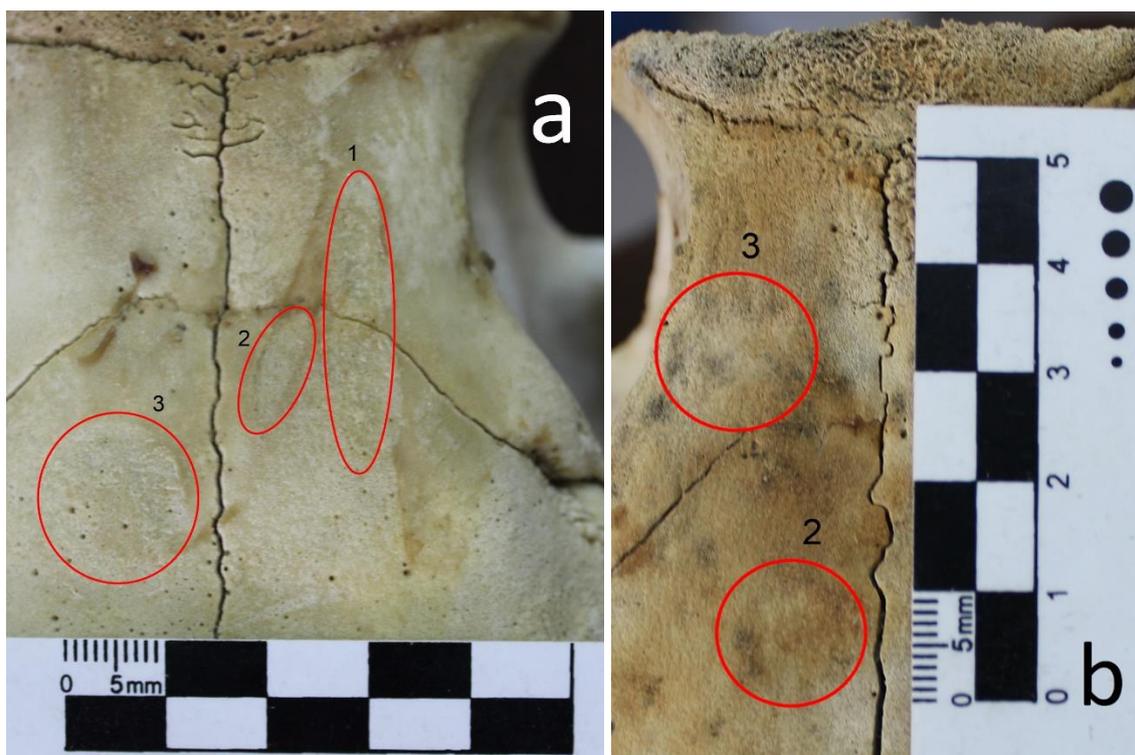


Figura 6.5 a) Lesiones provocadas con garrote de madera en el cráneo experimental 8 (NICs: 8.1.1, 8.2.2, 8.3.3); b) Lesiones provocada con piedra correspondientes al cráneo experimental 15 (NICs: 15.2.2 y 15.3.3).

Se efectuaron 64 golpes sobre 20 cráneos experimentales de *Sus scrofa domestica*, utilizando cinco cráneos por arma: 19 golpes fueron provocados con martillo (M), 15 con garrote de madera (G), 15 con piedra (P) y 15 con boleadora (B). En este sentido, se produjeron tres golpes por cráneo, exceptuando a los NIC (Número de

Identificación de Cerdo) 2, 3, 4 y 5 (correspondientes al martillo), a los cuales se los golpeó en cuatro oportunidades a cada uno (Anexo 2, Columna #Golpe).

Sin embargo, para realizar los análisis sólo se tuvieron en cuenta 61 golpes (18 de martillo, 15 de garrote, 15 de piedra y 13 de boleadora) ya que algunos impactaron en el mismo sector y eso impidió el registro preciso de cada lesión. Estos *golpes redundantes* (GR) se contabilizaron como uno solo y fueron el NIC 3.3.2 y 3.4.\* del cráneo 3 (martillo), y los NIC 20.1.1, 20.2.\* y 20.3.\* correspondientes al cráneo 20 (boleadora) (Anexo 2, Columna #Lesión=\*).

De los 61 golpes contabilizados para los análisis, nueve no incidieron en el material óseo, *i.e.*, no provocaron lesiones (Anexo 2, Columna #Lesión=x). Esto indica que el 14,75% de los golpes efectuados fueron absorbidos por el tejido blando y no provocaron lesión.

## **6.2.2 Variables Cuantitativas**

Para el análisis cuantitativo, de los 61 golpes contabilizados, 12 no se consideraron, ya que su naturaleza es diferente y por lo tanto no corresponden a la misma población estadística: dos casos, los NIC 3.3.2, NIC 20.1.1, corresponden a situaciones en las que más de un golpe impactó en el mismo lugar; el NIC 10.3.3 golpeó en el arco cigomático, una zona que no se contempla en este trabajo ya que no pertenece al neurocráneo. Tampoco se tuvieron en cuenta, para los análisis cuantitativos, los nueve golpes que no dejaron marca en el hueso. Estos son los NIC 1.1.x, 2.2.x, 2.3.x, 3.1.x, 6.2.x, 7.2.x, 9.2.x, 12.2.x y 15.1.x. En suma, el total de golpes considerado en estos análisis es de 49 (Anexo 2).

### **6.2.2.1 Evaluación de la dependencia entre golpes en un mismo cráneo**

Antes de comenzar con el análisis de las variables, se exploró de manera gráfica si la aplicación de tres impactos sobre cada cabeza experimental (en distintos lugares) influía en la resistencia del material óseo y por lo tanto, en el patrón de lesiones provocadas (*i.e* si cada golpe generaba mayor daño que el anterior). Se ilustraron los tamaños de las lesiones en un gráfico múltiple (las tres variables relevadas en un mismo gráfico) siguiendo el orden cronológico de los golpes en cada cráneo, separados por arma utilizada. En el gráfico de la figura 6.1 se observa que no hay un patrón de aumento del tamaño de la lesión entre un golpe y el siguiente, para ninguna de las armas. Esto indica la independencia de los golpes, es decir que no se encontró una relación entre el daño y el orden de los golpes.

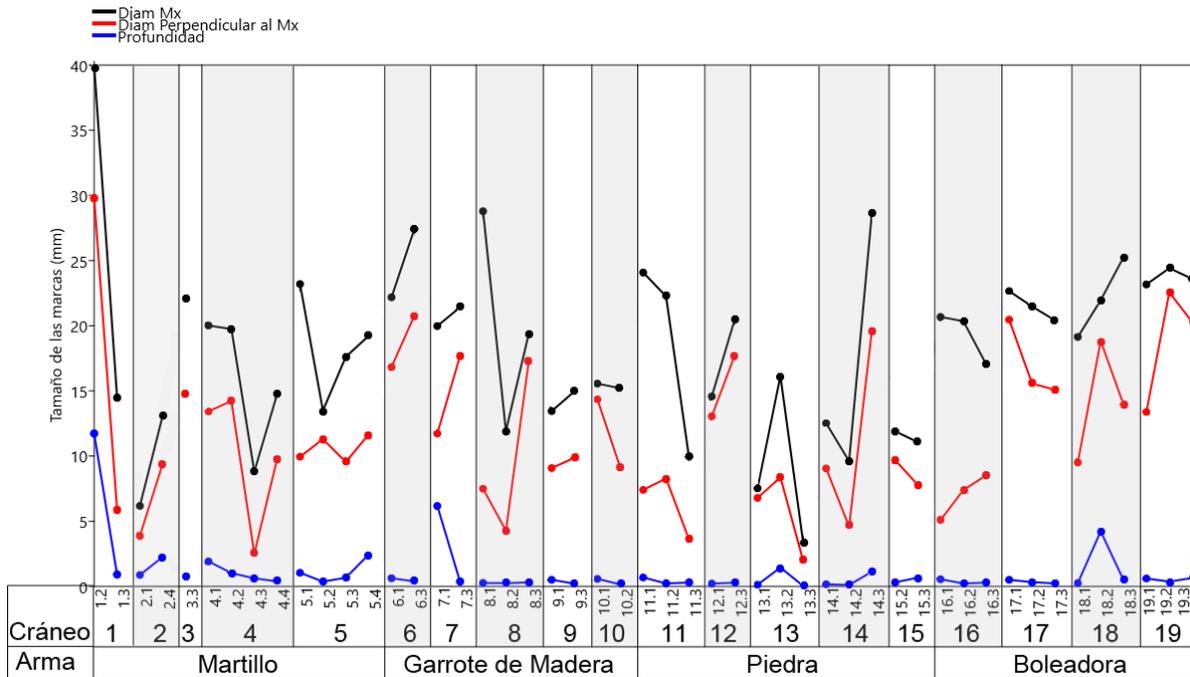


Figura 6.1. Evaluación de la dependencia de los golpes. Ref.: Eje X= Secuencia del impacto de los golpes por cráneo.

## 6.2.2.2 Métodos Univariados

### 6.2.2.2.1 Diámetro Máximo (DM)

La figura 6.2 muestra la distribución de las medianas de la variable Diámetro Máximo registrada en la muestra experimental según las diferentes armas utilizadas. Se encontraron diferencias significativas entre las armas ( $p=0,0289$ ) (Tabla 6.2a), y en la comparación entre pares se observó que difieren significativamente las medianas de Boleadora y Piedra ( $p=0,024$ ) (Tabla 6.2b).

El DM del golpe con piedra varía dentro un rango amplio. En cambio, el de boleadora posee un rango corto de variación, es decir que sus valores son muy parecidos.

Tabla 6.2a

Medidas de tendencia y dispersión por arma para la variable DM.

Kruskal-Wallis = <b>0,0289</b>							
Arma	Media	Mediana	Var	DE	IQR	n	total
B	21,68	21,72	5,44	2,33	2,88	12	15
G	19,12	19,41	30,75	5,55	6,73	11	15

M	17,91	17,62	68,89	8,30	6,53	13	18
P	14,78	12,52	52,73	7,26	10,56	13	13

En negritas: valores significativos.

Tabla 6.2b

Valores de la prueba de Dunn para la comparación entre pares de efectores para la variable DM.

Comparación	P
B - G	0,25878224
B - M	0,08660187
G - M	0,54719966
<b>B - P</b>	<b>0,02453964</b>
G - P	0,31376289
M - P	0,48393431

Los valores de P se encuentran equilibrados según el método de Benjamini-Hochberg. En negritas: valores significativos.

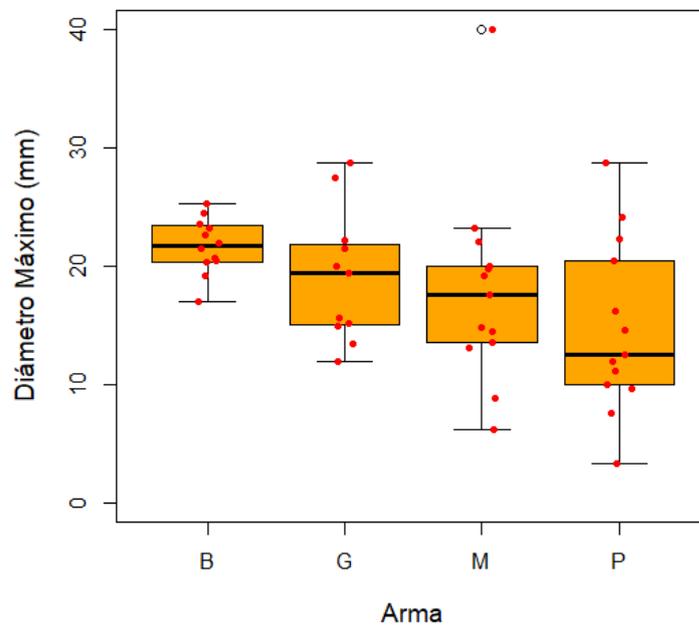


Figura 6.2. Distribución de las medianas de los 4 efectores (Ref.: B = Boleadora, G = Garrote de madera, M = Martillo, P = Piedra) para la variable DM.

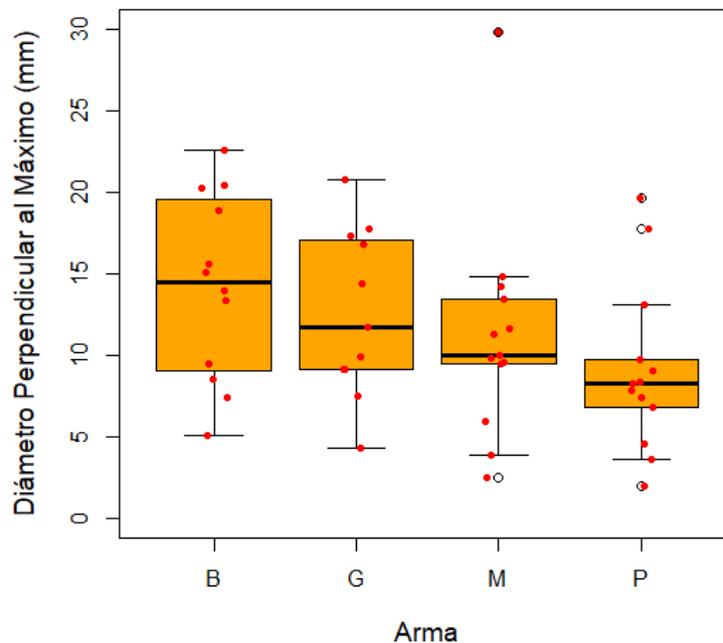
#### 6.2.2.2.2 Diámetro Perpendicular al Máximo (DPM)

La prueba estadística no es significativa ( $p=0,089$ ) ya que no se observan diferencias entre las diferentes armas para la variable Diámetro Perpendicular al Máximo relevada en los cráneos experimentales (Tabla 6.3). La figura 6.3 muestra la distribución de las medianas de la variable Profundidad registrada en la muestra experimental, según las armas utilizadas.

Tabla 6.3

*Medidas de tendencia y dispersión por arma para la variable DPM.*

Kruskal-Wallis = 0,089							
Arma	Media	Mediana	Var	DE	IQR	n	total
B	15,22	15,09	42,49	6,52	10,78	13	15
G	12,68	12,68	24,12	4,91	7,84	12	15
M	12,34	10,63	58,19	7,63	4,56	14	18
P	9,08	8,28	26,22	5,12	2,94	13	15



*Figura 6.3.* Distribución de las medianas de los 4 efectores (Ref.: B = Boleadora, G = Garrote de madera, M = Martillo, P = Piedra) para la variable DPM.

### 6.2.2.2.3 Profundidad

Para la tercera variable métrica relevada, Profundidad, se observó que hay diferencias significativas ( $p=0,002$ ) (Tabla 6.4a). entre las armas utilizadas para la experimentación. Al comparar entre pares, el martillo presentó diferencias significativas con todas las armas: con boleadora ( $p=0,019$ ), con garrote ( $p=0,012$ ) y con piedra ( $p=0,002$ ) (Tabla 6.4b).

La figura 6.4 muestra la distribución de las medianas de la variable Profundidad registrada en la muestra experimental, según las diferentes armas utilizadas.

Tabla 6.4a

*Medidas de tendencia y dispersión por arma para la variable Profundidad.*

Kruskal-Wallis = <b>0,002</b>							
Arma	Media	Mediana	Var	DE	IQR	n	total
B	0,73	0,43	1,24	1,11	0,28	12	15
G	0,89	0,33	3,10	1,76	0,29	11	15
M	1,92	0,92	9,12	3,02	1,25	13	18
P	0,44	0,29	0,18	0,43	0,5	13	15

En negritas: valores significativos.

Tabla 6.4b

*Valores de la prueba de Dunn para la comparación entre pares de efectos para la variable Profundidad.*

Comparación	P
B - G	0,736
<b>B - M</b>	<b>0,019</b>
<b>G - M</b>	<b>0,012</b>
B - P	0,546
G - P	0,704
<b>M - P</b>	<b>0,002</b>

Los valores de P se encuentran equilibrados según el método de Benjamini-Hochberg.

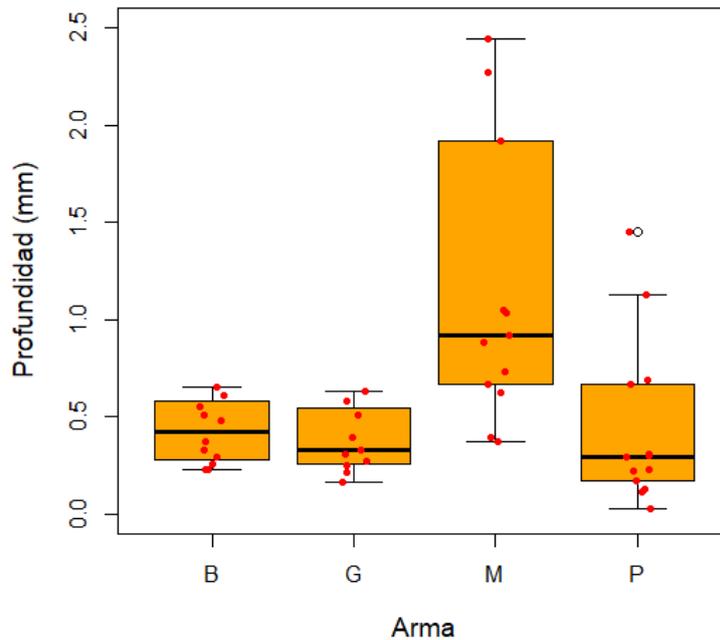


Figura 6.4. Distribución de las medianas de los 4 efectores (Ref.: B = Boleadora, G = Garrote de madera, M = Martillo, P = Piedra) para la variable Profundidad.

### 6.2.2.3 Métodos Bivariados

Las figuras 6.5, 6.6 y 6.7 muestran la dispersión de los datos de las tres variables métricas registradas en la muestra experimental, según las armas utilizadas. Los gráficos 6.5 y 6.6 muestran la relación que hay entre la profundidad y los diámetros (Máximo y Perpendicular al Máximo). En cambio, en el gráfico 6.7, se muestra la relación entre el diámetro máximo y el perpendicular para la totalidad de las armas. En la Tabla 6.5 se muestran los resultados del índice de correlación de Spearman entre todas las combinaciones de esas variables. En esta se observa que la relación entre la profundidad y los diámetros es débil (Profundidad-DM=0,313) (Profundidad-DPM=0,301), es decir que la variación de una no condiciona o influye en la variación de la otra (*i.e.* aunque aumente el valor de los diámetros la profundidad puede o no crecer). A su vez, evidencia que la relación entre DM y DPM es positiva (0,673), por lo tanto, cuando aumenta el Diámetro Máximo, también se ven aumentos en el Diámetro Perpendicular. Se puede apreciar que esta relación es mayor para la boleadora, en la cual, al aumentar el DM, aumenta exponencialmente el DPM. Esto puede deberse a que las trazas dejadas por boleadora, en su mayoría, son de forma circular. Todas las correlaciones son significativas ( $p < 0,05$ ).

Tabla 6.5

*Correlación entre las variables métricas.*

	Diámetro Máximo	Diámetro Perpendicular al Máximo	Profundidad
Diámetro Máximo			
Diámetro Perpendicular al Máximo			
Profundidad			

DM		0,00	0,03
DPM	0,673		0,04
Profundidad	0,313	0,301	

Por debajo de la diagonal se muestra el coeficiente de correlación. Por encima, la probabilidad correspondiente.

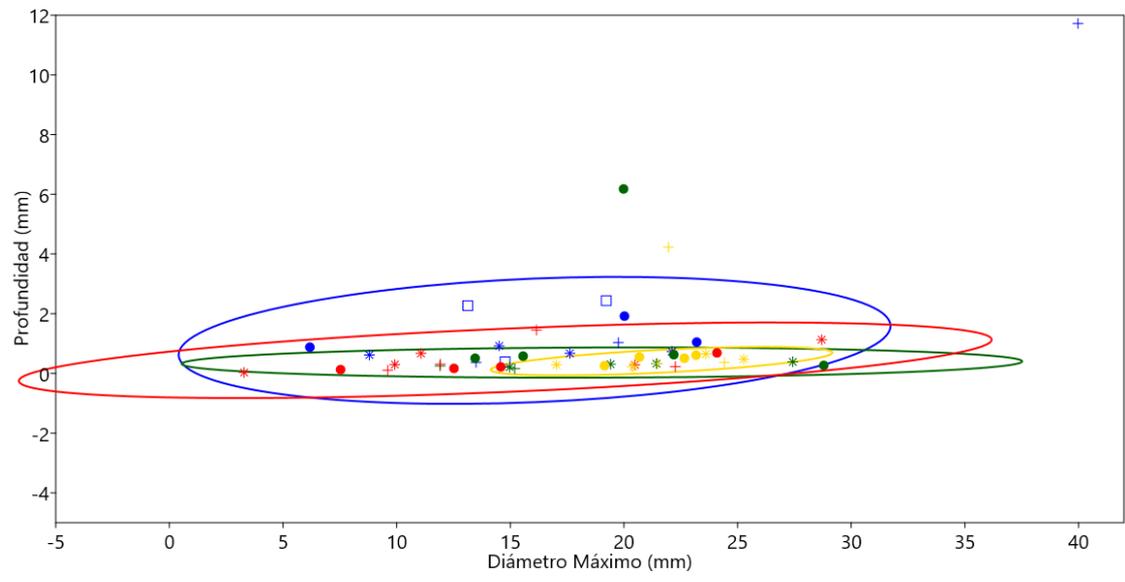


Figura 6.5. Relación entre Profundidad y Diámetro Máximo según efector. Ref.: Piedra=rojo, Garrote de madera=verde oscuro, Boleadora=amarillo, Martillo=azul.

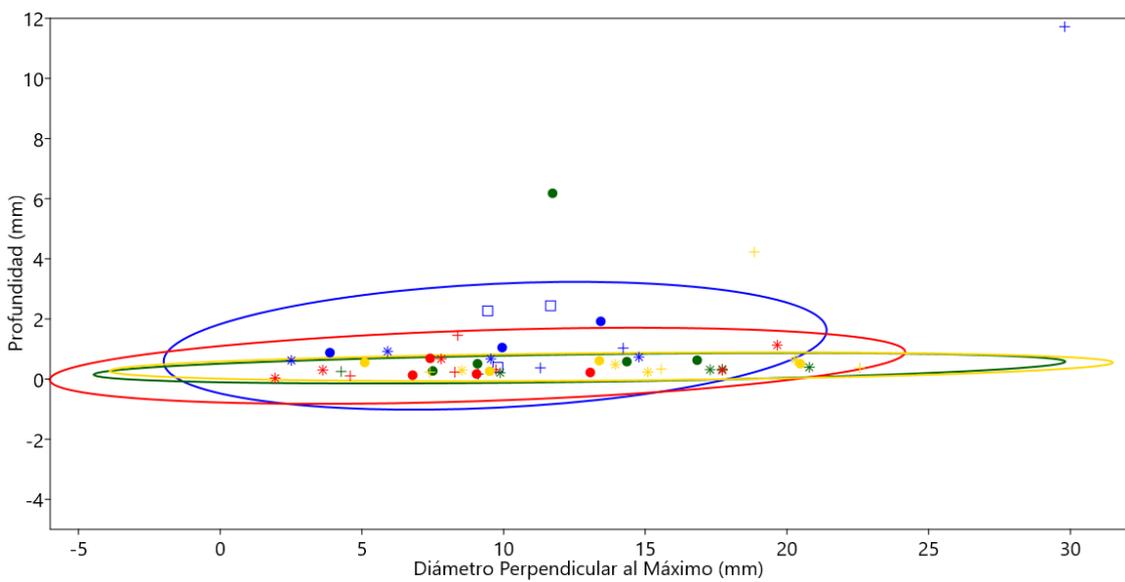


Figura 6.6. Relación entre Profundidad y Diámetro Perpendicular al Máximo según efector. Ref.: Piedra=rojo, Garrote de madera=verde oscuro, Boleadora=amarillo, Martillo=azul.

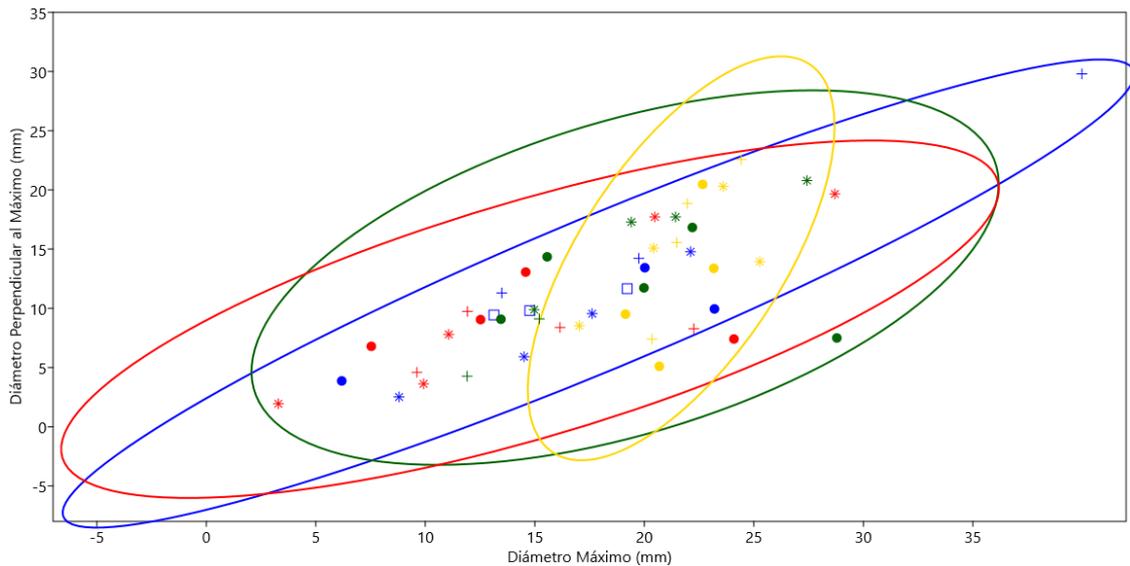


Figura 6.7 Relación entre DM y DPM según efector. Ref.: Piedra=rojo, Garrote de madera=verde oscuro, Boleadora=amarillo, Martillo=azul.

#### 6.2.2.4 Métodos Multivariados

El resultado del análisis multivariante permutacional (PERMANOVA) evidenció diferencias significativas entre las armas ( $p=0,0168$ ). Las pruebas a posteriori para el análisis entre pares mostraron diferencias significativas entre Boleadora-Martillo ( $p=0,0412$ ), y Boleadora-Piedra ( $p=0,0089$ ) (Tabla 6.6). Para la aplicación de este método, los datos se usaron en el logaritmo natural de cada valor más uno [ $\ln(x+1)$ ] (Zar, 2010).

Tabla 6.6

*PERMANOVA y pruebas a posteriori entre los efectores.*

PERMANOVA		p	<b>0,0168</b>	
Pruebas a posteriori	M	G	P	B
M		0,2111	0,0621	<b>0,0412</b>
G			0,0872	0,6798
P				<b>0,0089</b>
B				

En negritas: valores significativos.

## 6.2.3 Variables Cualitativas (Presencia/Ausencia)

Para el análisis cualitativo se tuvieron en cuenta 61 golpes (se dejó afuera la categoría *golpes redundantes*).

### 6.2.3.1 Fracturas Lineales (FL)

Se observó que hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y por lo menos uno de los efectores ( $p=0,004$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas no se distribuyen homogéneamente. El 31,15 % de los golpes evidenciaron fracturas lineales. En este caso, Boleadora (B) es el único efector que tiene mayor cantidad de presencias que ausencias, generó FL en dos de cada tres impactos. En cambio, el martillo (M) dejó fracturas lineales en uno de cada tres golpes. Por último, el garrote de madera (G) y la piedra (P) lo hicieron en muy pocas ocasiones (13,33 %) (Tabla 6.7). En la figura 6.8 se grafican estos resultados.

Tabla 6.7

*Presencia/Ausencia de FL por efector.*

Efector	Presencia	Ausencia	Total	%Presencia
M	6	12	18	33,33
G	2	13	15	13,33
P	2	13	15	13,33
B	9	4	13	69,23
Total	19	42	61	31,15

Efector: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

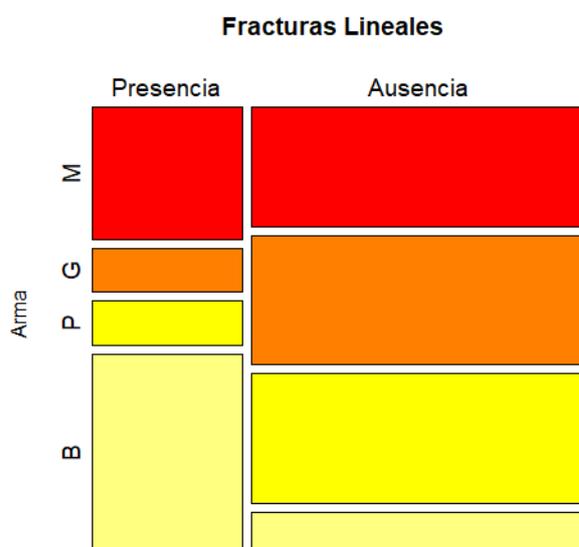


Figura 6.8. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de FL para los cráneos experimentales.

### 6.2.3.2 Fracturas Concéntricas (FC)

Se observó que no hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y los efectores ( $p=0,302$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas están distribuidos homogéneamente. El 14,75 % de los golpes dejó fracturas concéntricas. La mitad de estas fueron causadas por impactos de boleadora, que lo hicieron una de cada tres veces. Las demás armas provocaron este tipo de lesiones en una proporción baja (Tabla 6.8). En la figura 6.9 se grafican estos resultados.

Tabla 6.8

*Presencia/Ausencia de FC por efector.*

Efector	Presencia	Ausencia	Total	%Presencias
M	2	16	18	11,11
G	1	14	15	6,66
P	2	13	15	13,33
B	4	9	13	30,77
Total	9	52	61	14,75

Efector: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

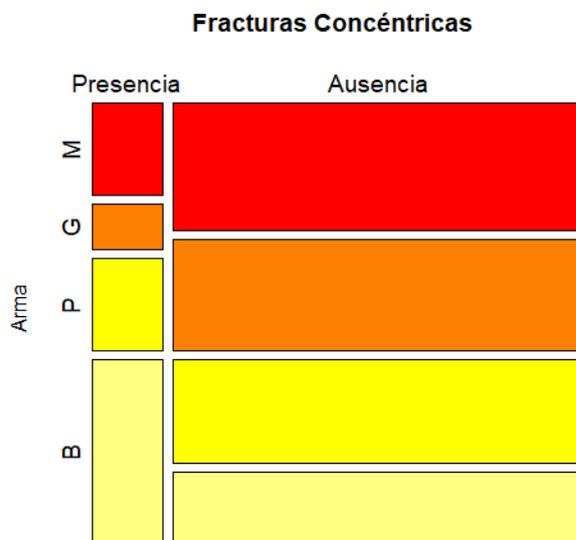


Figura 6.9. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de FC para los cráneos experimentales.

### 6.2.3.3 Fracturas Estrelladas (FE)

Se observó que no hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y los efectores ( $p=0,213$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas están distribuidos homogéneamente. El 11,47 % de los golpes dejó fracturas estrelladas. La boleadora es el arma que mayor frecuencia de fracturas estrelladas produjo (uno de

cada cuatro golpes), mientras que el Martillo las generó en uno de cada cinco golpes. Las demás poseen una frecuencia baja de FE, el garrote sólo logró generar dicho tipo de lesión una sola vez y la piedra no lo hizo en ninguna ocasión (Tabla 6.9). En la figura 6.10 se grafican estos resultados.

Tabla 6.9

*Presencia/Ausencia de FE por efector.*

Efector	Presencia	Ausencia	Total	%Presencias
M	3	15	18	16,66
G	1	14	15	6,66
P	0	15	15	0
B	3	10	13	23,08
Total	7	54	61	11,47

Efector: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

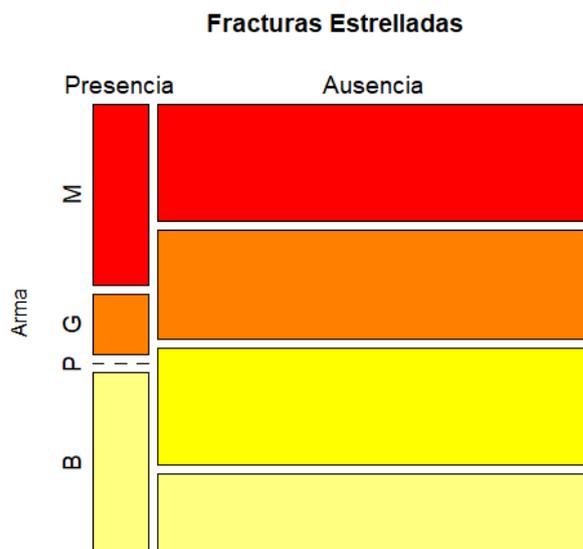


Figura 6.10. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de FE para los cráneos experimentales.

#### 6.2.3.4 Lascas Adheridas a Bordes de Fractura (LA)

Se observó que no hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y los efectores ( $p=0,899$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas están distribuidos homogéneamente. La cantidad de casos con lascas adheridas a los bordes de fractura es baja para todos los efectores (aproximadamente el 10%). Por lo tanto, esta misma relación se mantiene en la suma de todos los grupos (Tabla 6.10). En la figura 6.11 se grafican estos resultados.

Tabla 6.10

*Presencia/Ausencia de LA por efector.*

Efector	Presencia	Ausencia	Total	%Presencias
M	2	16	18	11,11
G	1	14	15	6,66
P	2	13	15	13,33
B	2	11	13	15,38
Total	7	54	61	11,47

Efector: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

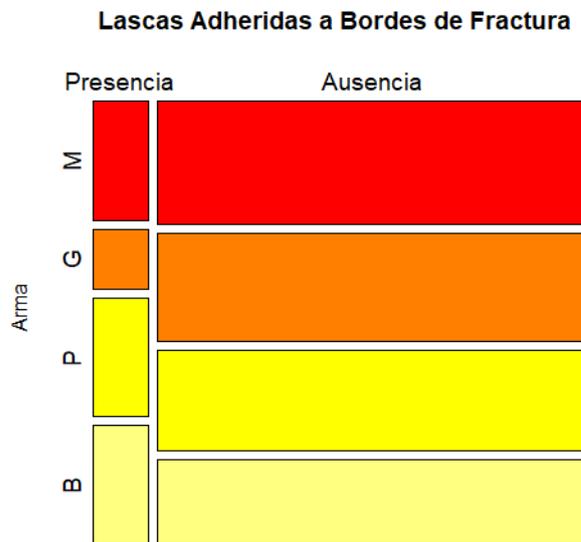


Figura 6.11. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de LA para los cráneos experimentales.

### 6.2.3.5 Bordos Elevados (BE)

Se observó que hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y por lo menos uno de los efectores ( $p=0,041$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas no se distribuyen homogéneamente. Esta variable es la más frecuente (75,41 %). Los golpes de boleadora (B) dejaron bordes elevados en la totalidad de casos. Martillo y Garrote lo hacen en tres de cuatro casos. La piedra (P) es el arma que produjo este tipo de lesión en menor proporción, lo hizo en la mitad de los casos (Tabla 6.11). En la figura 6.12 se grafican estos resultados.

Tabla 6.11

*Presencia/Ausencia de BE por efector.*

Efector	Presencia	Ausencia	Total	%Presencias
---------	-----------	----------	-------	-------------

M	14	4	18	77,77
G	11	4	15	73,33
P	8	7	15	53,33
B	13	0	13	100
Total	46	15	61	75,41

Efactor: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

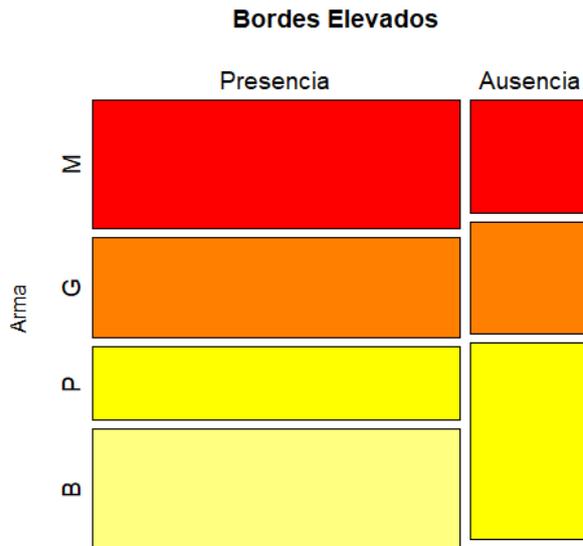


Figura 6.12. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de BE para los cráneos experimentales.

### 6.2.3.6 Pérdida Ósea (PO)

Se observó que no hay dependencia entre la cantidad de presencias/ausencias y los efectores ( $p=0,375$ ), es decir que los valores correspondientes a las diferentes armas están distribuidos homogéneamente. La presencia total de PO se da en menos del 10% de los casos totales, en 5 oportunidades. Ese número se ve influenciado por el accionar del Martillo, el cual generó pérdida ósea en tres ocasiones (una cada seis). B y G generaron PO en una sola ocasión, la piedra directamente no generó PO. La diferencia de esta variable entre arqueológicos y experimentales puede ser el tiempo que tiene el material dado que en los casos arqueológicos el efecto de los procesos postdeposicionales es mucho mayor (Tabla 6.12). En la figura 6.13 se grafican estos resultados.

Tabla 6.12

*Presencia/Ausencia de PO por efector.*

Efactor	Presencia	Ausencia	Total	%Presencias
---------	-----------	----------	-------	-------------

M	3	15	18	16,66
G	1	14	15	6,66
Pie	0	15	15	0
B	1	12	13	7,69
Total	5	56	61	8,20

Efactor: M: martillo, G: garrote, P: piedra, B: boleadora.

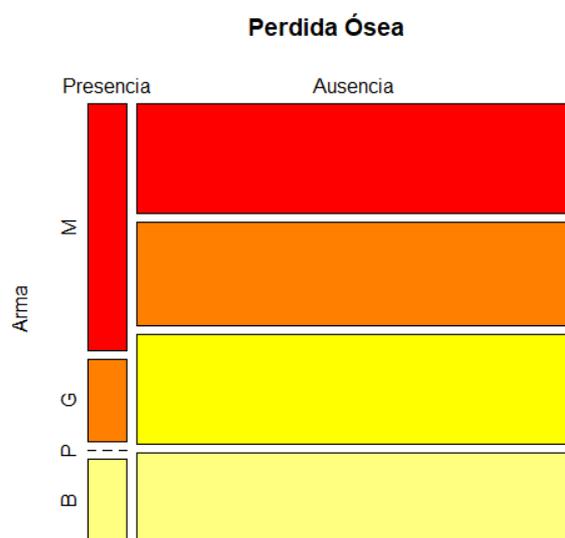


Figura 6.13. Gráfico de mosaico mostrando la frecuencia de presencia y ausencia de PO para los cráneos experimentales.

### 6.3 Comparación arqueológico vs. experimental

En primer lugar, se hizo un ordenamiento de los individuos arqueológicos de acuerdo a las variables métricas y no métricas, mediante un Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS), con el fin de identificar patrones.

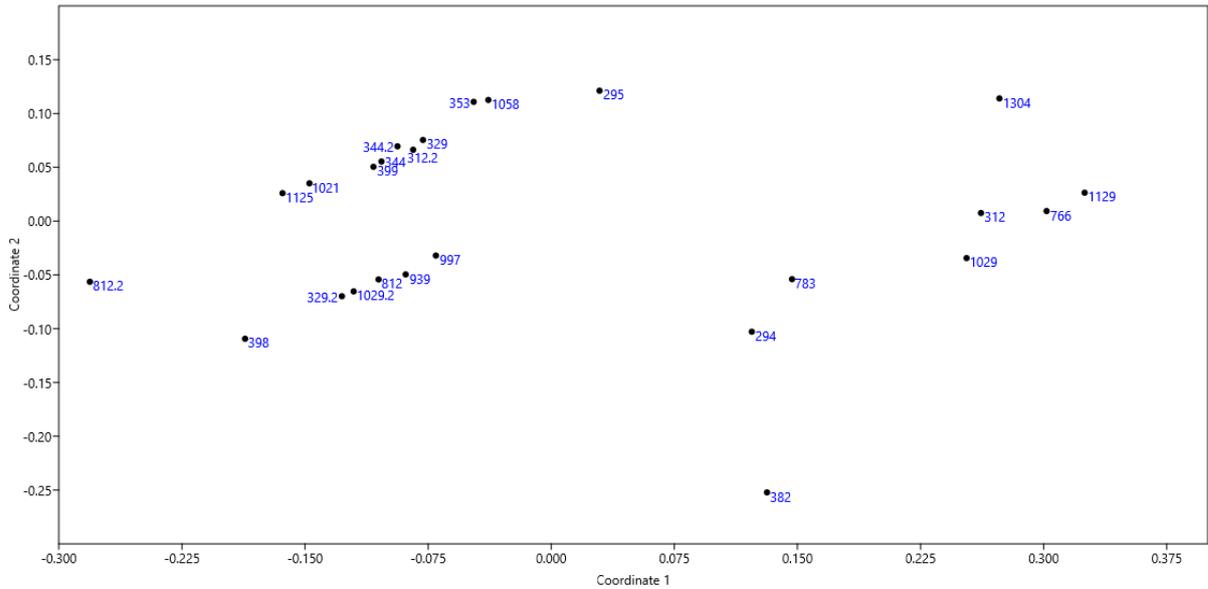


Figura 6.14. NMDS: Ordenamiento de las lesiones de los individuos arqueológicos.

En la Figura 6.14 se muestra el ordenamiento de los casos identificado en un patrón de tres grupos, que fueron individualizados en el gráfico mediante colores. Coincidentemente, estos grupos se corresponden con los valores de diferentes niveles de daño, que se muestran en las tablas 6.13, 6.14 y 6.15.

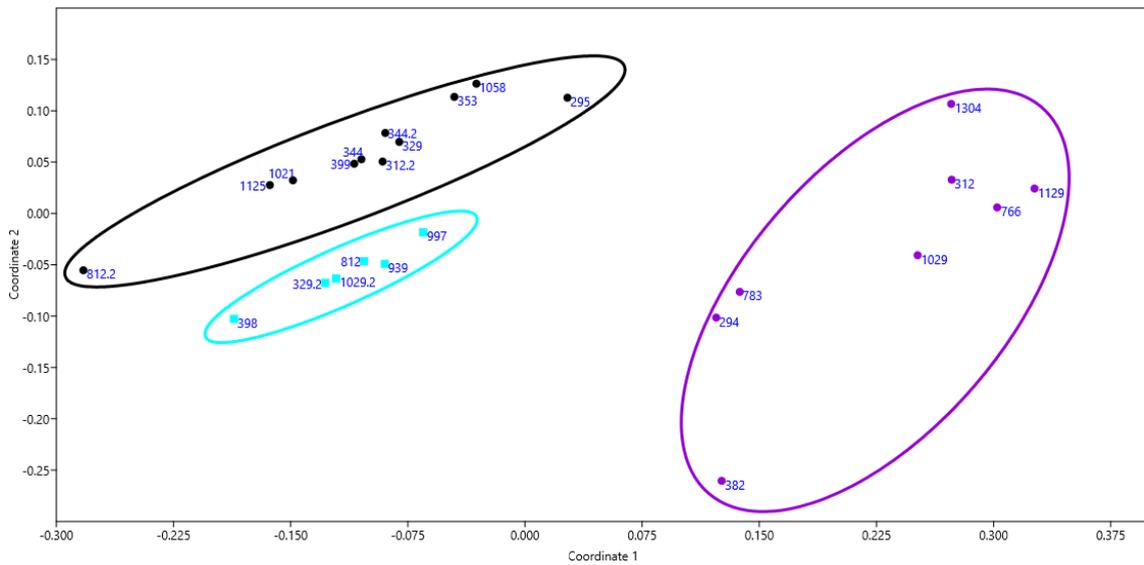


Figura 6.15. Individuos arqueológicos asociados por daño.

Ref.: Grupo 1= celeste, Grupo 2= negro, Grupo 3= violeta.

A continuación, se describen los grupos generados según este primer análisis exploratorio.

En la tabla 6.13, se observan los datos correspondientes a los individuos del “Grupo 1”, cuyos cráneos muestran un nivel de daño bajo. Los individuos que lo integran

no presentan fracturas ni deformación plástica y los promedios de los datos de las variables métricas son los más bajos de los tres grupos.

Tabla 6.13

*Grupo 1*

Individuo	DM	DT	P	FL	FC	FE	LA	BE	PO
329.2	17,8	9,54	1,54	0	0	0	0	0	0
398	11	7	0,8	0	0	0	0	0	0
812	18,78	14,62	0,92	0	0	0	0	0	0
939	24,42	13,22	2,06	0	0	0	0	0	0
997	29,03	18	0,56	0	0	0	0	0	0
1029.2	16	12,06	1,66	0	0	0	0	0	0
Promedio	19,50	12,41	1,26						

Individuos agrupados por *bajo nivel de daño* considerando todas las variables en conjunto.

Los individuos del Grupo 2 presentan un nivel de daño medio (Tabla 6.14). Todos los individuos presentan bordes elevados, esto implica la aplicación de más fuerza para lograr deformación plástica del hueso. Los promedios de las variables cuantitativas tienen valores intermedios.

Tabla 6.14

*Grupo 2*

Individuo	DM	DT	P	FL	FC	FE	LA	BE	PO
295	36,2	30,7	2,9	1	0	0	0	1	0
312.2	21,86	17,8	5,34	0	0	0	0	1	0
329	32,16	17,72	3,1	0	0	0	0	1	0
344	24,78	16	2,1	0	0	0	0	1	0

344.2	31	18,92	0,58	0	0	0	0	1	0
353	37,76	30,6	1,68	0	0	0	0	1	0
399	24,02	15,1	1,96	0	0	0	0	1	0
812.2	7	5,68	0,54	0	0	0	0	1	0
1021	24,08	9,1	1,82	0	0	0	0	1	0
1058	48,92	30	0,42	0	0	0	0	1	0
1125	15,3	12,6	1,1	0	0	0	0	1	0
Promedio	27,55	18,65	1,96						

Individuos agrupados por *nivel de daño medio* considerando todas las variables en conjunto.

El Grupo 3 de individuos arqueológicos presenta un nivel de daño alto y se detalla en la tabla 6.15. Aparecen fracturas y hay un sólo caso de bordes elevados. A su vez, con una excepción, todas presentan pérdida ósea. Por este motivo no se pudo medir la Profundidad. Es esperable que cuando hay pérdida ósea no se generen bordes elevados.

Tabla 6.15

*Grupo 3*

Individuo	DM	DT	P	FL	FC	FE	LA	BE	PO
294	32,84	17,1	x	1	0	0	1	0	1
312	60,82	55,08	x	1	1	1	0	0	1
382	15,1	12,56	x	1	1	1	1	0	1
766	76,38	44,72	x	1	1	0	1	0	1
783	28,12	20,32	5,54	1	1	0	1	0	0
1029	60,26	25,92	x	1	1	0	1	0	1

1129	93,24	50,66	x	1	1	0	1	0	1
1304	72,42	45	x	1	1	0	1	1	1
Promedio	54,90	33,92	x						

Individuos agrupados por *alto nivel de daño* considerando todas las variables en conjunto.

Finalmente se compararon los 3 grupos arqueológicos con los 4 grupos experimentales diferenciados por el efector y el grupo de golpes redundantes (Figura 6.16). Se observó que el Grupo 1 se acerca a un conjunto de golpes provocados con Piedra. El Grupo 2 se encuentra asociado a datos de marcas provocadas por la totalidad de armas. A su vez, el Grupo 3 se ubica cerca del conjunto de golpes redundantes, conformado por 1 GR de martillo (NIC 3.2.2), 1 GR de boleadora (NIC 20.1.1) y también se encuentra 1 de garrote que golpeó en el arco cigomático (NIC 10.3.3).

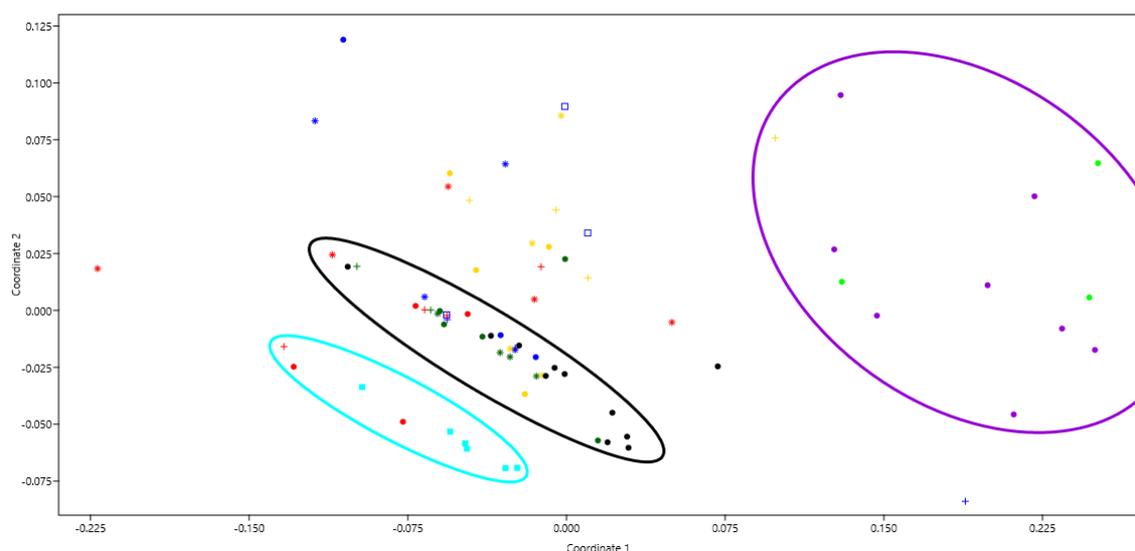


Figura 6.16. Asociación entre individuos arqueológicos y experimentales.

Ref.: Grupo 1=celeste, Grupo 2=negro, Grupo 3=violeta, Piedra=rojo, Garrote de madera=verde oscuro, Boleadora=amarillo, Martillo=azul, GR=verde claro.

## 6.4 Fotogrametría

Se generaron tres modelos 3D de los cráneos arqueológicos fotografiados (Individuos 295, 329 y 1021). A ellos se les midió la variable Profundidad sobre la lesión, utilizando el software Meshlab (permite orientar y escalar el modelo) y el software Paraview (permite tomar medidas). En las Figuras 6.17, 6.18 y 6.19 se muestran los modelos digitales de los cráneos y de las lesiones correspondientes a cada individuo, utilizados para medir la profundidad de manera digital. Los colores fríos representan mayor profundidad y los colores cálidos, menor profundidad. Los últimos corresponden,

en este caso, a bordes elevados (BE). La profundidad aumenta en los márgenes de los modelos debido a la curvatura de los distintos cráneos. Las líneas blancas son curvas de nivel, que son la referencia para medir la profundidad.

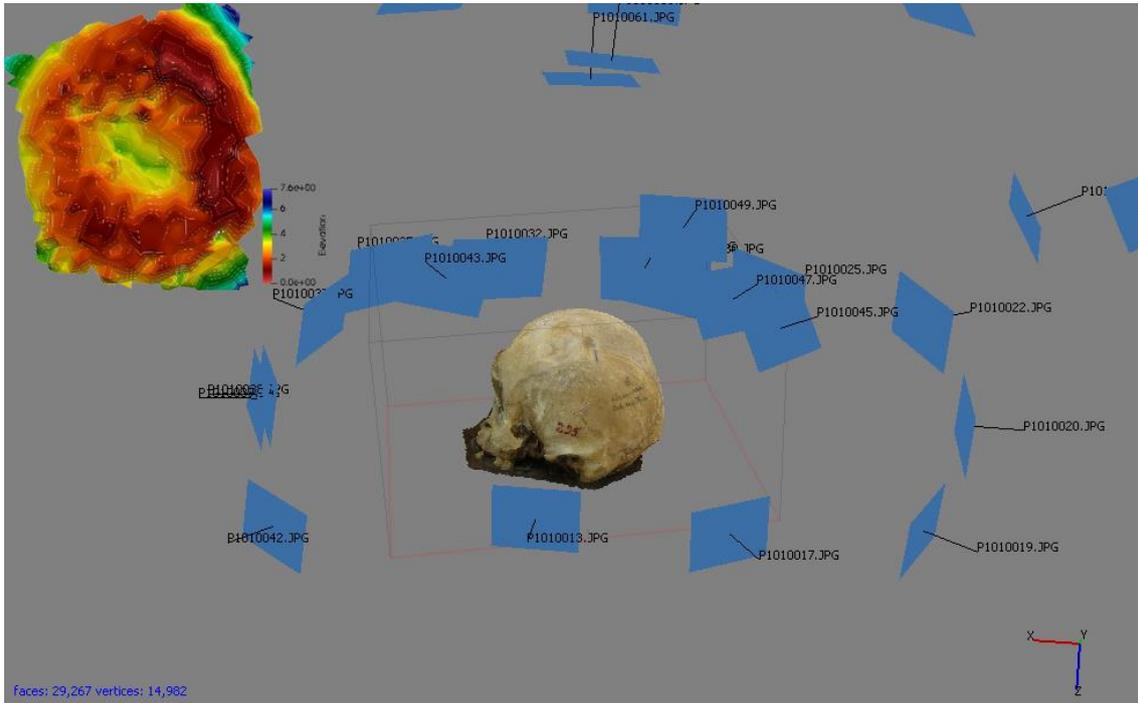


Figura 6.17. Capturas de pantalla del programa Agisoft PhotoScan donde se ilustra el modelo 3D del cráneo arqueológico n°295. En el extremo superior izquierdo de la imagen se muestra el modelo de la lesión.

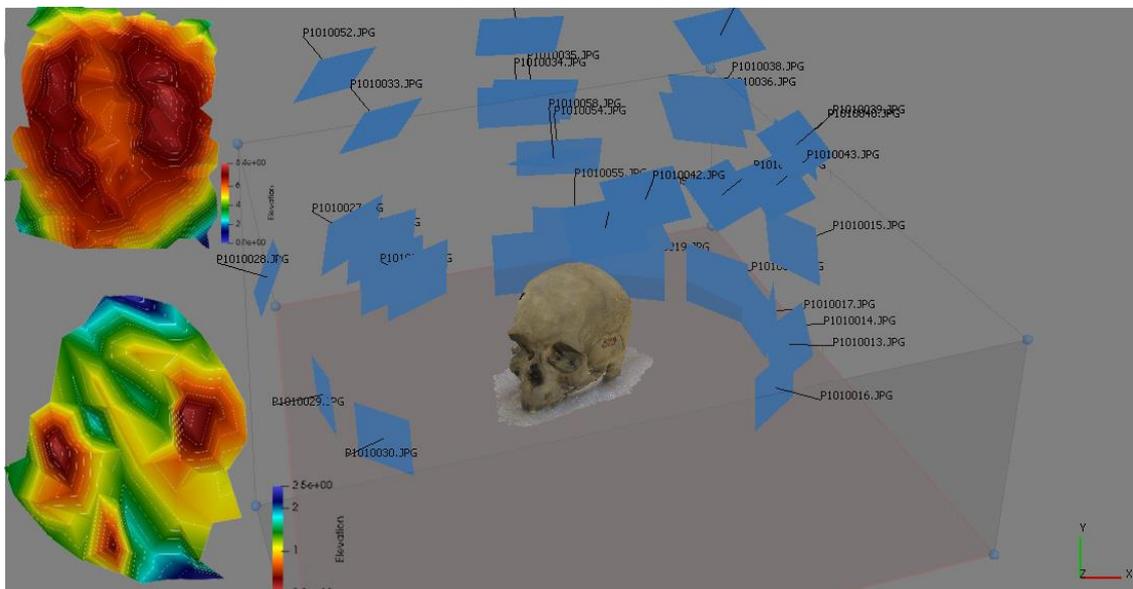


Figura 6.18. Capturas de pantalla del programa Agisoft PhotoScan donde se ilustra el modelo 3D del cráneo arqueológico n°329. En el extremo superior izquierdo de la imagen se muestra el modelo de la lesión 329 y en el extremo inferior izquierdo se encuentra el modelo de la lesión 329.2.

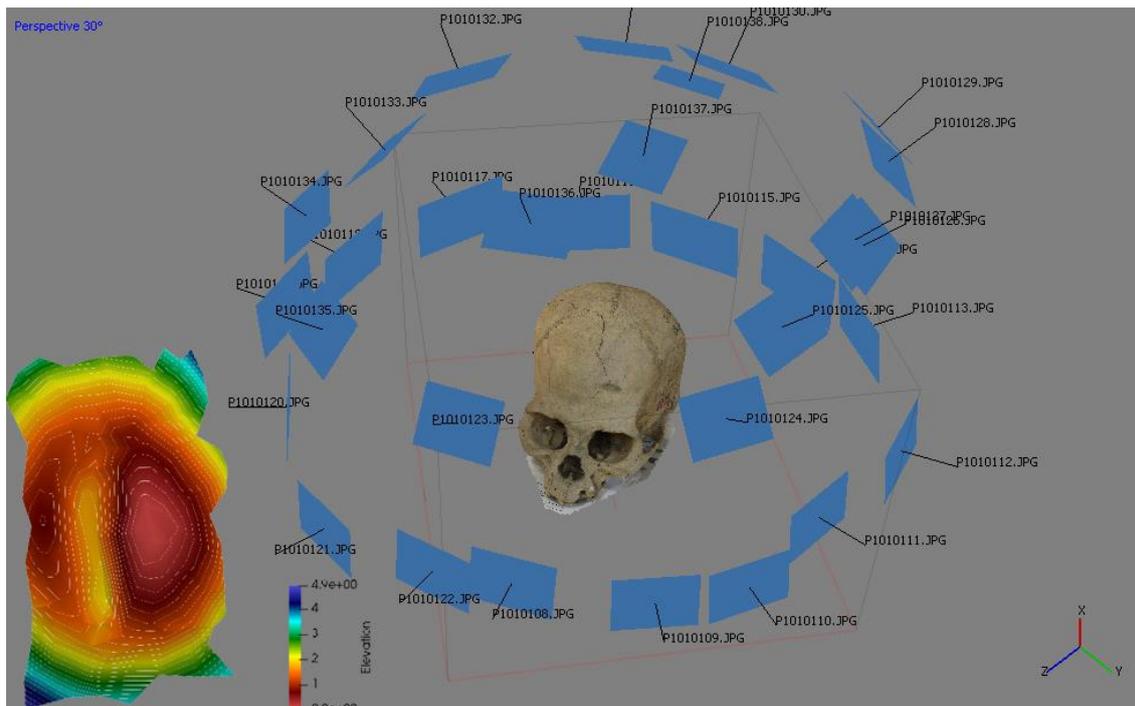


Figura 6.19. Capturas de pantalla del programa Agisoft PhotoScan donde se ilustra el modelo 3D del cráneo arqueológico n°1021. En el extremo inferior izquierdo de la imagen se muestra el modelo de la lesión.

Por último, se compararon estos resultados con las medidas tomadas de manera analógica, con calibre (Tabla 6.16). En los cuatro casos, ambas medidas son muy similares. El error máximo es menor a un milímetro.

Tabla 6.16

*Diferencias entre medidas de profundidad.*

Individuo	Profundidad medida analógicamente (mm)	Profundidad medida digitalmente (mm)	Diferencia (mm)
295	2,9	3,43	0,53
329	3,1	2,31	0,79
329.2	1,54	1,65	0,11
1021	1,82	1,86	0,04

Diferencias entre las medidas de profundidad tomadas de manera analógica en los cráneos y digital en los modelos generados mediante fotogrametría.

## 7. Discusión

En contextos forenses con frecuencia se encuentran restos óseos humanos que presentan lesiones, y la asociación entre ellas y el objeto que la realizó no está claramente establecida. Por lo tanto, en este trabajo se planteó una metodología experimental que permita sumar conocimiento al análisis de lesiones contundentes en huesos humanos. Se utilizaron cuatro efectores para el desarrollo de la experimentación: martillo, garrote de madera, piedra y boleadora. Específicamente, se estudiaron lesiones producidas en el neurocráneo ya que son las más frecuentes en casos de homicidios debido a que en numerosas ocasiones provocan la muerte (Sulaiman et al., 2014; Smith et al., 2015). En este capítulo, se discutirán el método utilizado y los resultados.

### 7.1 Discusión de los Materiales y Métodos

En los trabajos que involucran la investigación de seres humanos desde una perspectiva experimental, es relevante el objeto utilizado como análogo ya que influye en los resultados de la experimentación (Smith et al., 2015; Dyer y Fibiger, 2017). En estudios relativos a la producción de traumas esqueléticos, es ideal emplear cadáveres humanos ya que se observarán resultados similares a los que se esperarían en un individuo vivo. Sin embargo, son difíciles de obtener y conllevan riesgos de infección. A su vez, según el lugar donde se realicen los experimentos, traen consigo problemas de orden ético y complicaciones legales. Por ejemplo, en Argentina, no está permitido el uso de cadáveres con estos fines.

Recientemente en Suiza se ha desarrollado como alternativa el uso de *sustitutos de hueso de poliuretano* (PBS por su sigla en inglés). Estos materiales fueron desarrollados originalmente con fines quirúrgicos y en los últimos años se han probado en experimentos forenses<sup>16</sup>. Sin embargo, algunos autores sostienen que el poliuretano es útil para los estudios que investigan los traumatismos óseos únicamente a un nivel muy superficial y que su resistencia a un impacto difiere significativamente del hueso real (Smith et al., 2015). Otra situación que aleja al PBS de las condiciones normales de producción de lesiones es su grosor uniforme ya que las fracturas en un hueso humano, debido a las variaciones en su espesor, se irradian hacia zonas de menor resistencia (*e.g* donde el hueso es más delgado), de modo que se obtendrían patrones diferentes (Smith et al., 2015).

Otra alternativa es el uso de huesos de diferentes animales (*e.g* *Sus scrofa*, *Macaca fascicularis*) (Powell et al., 2011; Jordana, Colat-Parros y Bénézech, 2013; Sulaiman et al., 2014; Small, 2016). Los cerdos poseen características similares a los seres humanos: son mamíferos grandes, omnívoros, casi sin pelo y poseen una anatomía interna, distribución de grasa y piel, análogas. También tienen similitudes en las características físicas y químicas de la sangre, parámetros respiratorios y respuestas musculares. Los huesos de cerdo son adecuados para estudios comparativos de patrones de fractura porque su composición es similar a la del hueso humano. Además, ambos se dividen en una tabla externa, una interna y un diploe, aunque se debe tener

---

<sup>16</sup> <https://www.synbone.com/products/bone-models/>

en cuenta que, en los huesos del cráneo del cerdo, las tablas son más delgadas, el diploe más grueso, y el grosor total de las tres capas es mayor que en los huesos del cráneo humano, lo que puede incidir en el patrón de lesiones. Otro punto que tiene incidencia es la anatomía del cráneo ya que el de cerdo difiere en forma y tamaño del humano. En los primeros, el hueso parietal es pequeño, de forma cuadrada y plana, pero en los últimos, es grande y convexo lateralmente (Jordana et al., 2012). Sumado a las características físicas y biológicas que hacen que el cerdo sea comparable al ser humano, se encuentra la facilidad y bajo costo para conseguirlo. Específicamente, en la zona del Alto Valle del río Negro hay numerosos productores de cerdo que pueden suministrarlo.

La elección de los objetos utilizados en la experimentación se basó en la cantidad de presencias que tienen éstos en casos forenses. Tanto un martillo como una piedra o un garrote de madera pueden convertirse fácilmente en un arma homicida ya que son elementos contundentes comunes a los distintos ambientes por los que se mueve generalmente una persona. A su vez, el garrote, la piedra y la boleadora sirven para hacer asociaciones con las marcas relevadas en los cráneos arqueológicos.

En cuanto a la metodología, la propuesta de Gordón (2011) permite reproducir las condiciones normales en las que se produce un golpe y obtener resultados comparables con las lesiones encontradas normalmente en los casos forenses. En primer lugar, al igual que en la mayoría de los trabajos sobre análisis de traumas óseos, deja aproximadamente 5 mm de tejido blando para reproducir el cuero cabelludo y se producen las lesiones en un período de tiempo cercano a la muerte de modo que el hueso mantiene sus características de resistencia elástica. Además, la estructura que soporta las cabezas de cerdo al momento del golpe es superadora respecto a otros trabajos, ya que evita mantenerlas fijas, y con ello sortea las desventajas observadas en distintos estudios experimentales (Jordana et al., 2013; Sulaiman et al., 2014). El dispositivo diseñado por Gordón (2011) reproduce la movilidad que tiene el cráneo de una persona viva al ser impactado.

Respecto a los golpes, algunos experimentos realizaron los impactos mediante máquinas que permiten fijar su energía (Jordana et al., 2012; Sulaiman et al., 2014), aunque también hay publicaciones en las que las marcas son realizadas por un operario (Dyer y Fibiger, 2017). La dificultad que presenta la última alternativa reside en la determinación de la magnitud del impacto, ya que la fuerza utilizada por un agente humano puede variar de un golpe a otro. Para reducir este error, todos los golpes del mismo tipo (martillo, garrote, piedra y boleadora) los realizó el mismo operario. Por otra parte, se hizo un registro fílmico de la experimentación y así, en un futuro, se determinará el impulso del golpe mediante software de edición de video e imagen. Por último, la remoción total del tejido blando se lleva a cabo luego de hervir las cabezas de cerdo en agua con detergente, la cual es una de las formas más adoptadas (Powell et al., 2011).

Las variables elegidas para el análisis de traumas también son utilizadas de manera estándar en otros trabajos (Gordón, 2010; Jordana et al., 2013; Small, 2016). Esto permite la comparabilidad de los resultados con los obtenidos por otros autores.

## **7.2 Discusión de los Resultados**

En los párrafos siguientes se presentan las interpretaciones de los resultados alcanzados y, en base a éstos, se retoman las hipótesis planteadas.

A partir de los resultados de los análisis univariados se mostró que las marcas dejadas en cráneos de cerdo con diferentes elementos contundentes pueden diferenciarse mediante las variables métricas y categóricas evaluadas. El análisis de variables morfométricas de las trazas permite encontrar diferencias entre los patrones de lesiones producidos por los distintos efectores. Se encontraron resultados similares a los que arribó Small (2016) los cuales concluyen que la profundidad y el diámetro máximo (DM) sirven para encontrar diferencias entre los efectores, aunque la variable diámetro perpendicular al máximo (DPM) no es relevante individualmente para diferenciar el arma. Además, el análisis multivariado permitió encontrar diferencias significativas entre las marcas asociadas a diferentes efectores al analizar las tres variables métricas juntas.

Para DM, se identificaron diferencias entre boleadora (B) y piedra (P). El gráfico de dispersión de las marcas por armas (Figura 6.2), muestra que B varía en un rango menor a P. Esto puede deberse a la forma esférica de B lo que genera siempre una misma área de impacto. En cambio, P tiene variaciones en su geometría por lo que el área de impacto puede depender del lado que golpee. Esta observación es relevante dado que cuando el arma es irregular es posible que genere diferentes marcas. Por lo tanto, un arma irregular podría asociarse a un abanico de formas posibles. En las otras armas, la morfología de la lesión está más restringida y sujeta a la forma de la superficie de impacto del arma. La fuerte correlación entre los diámetros (DM y DPM) (Figura 6.7) que tiene B, apoya la idea de que la superficie que impacta es siempre similar.

Además, se observan diferencias significativas entre el martillo (M) y los demás efectores (B, P, G) para la variable profundidad, lo que permite inferir que una característica de la traza dejada por M es una mayor profundidad. Esto sucedería porque M impacta en un punto y la energía se concentra en una superficie pequeña generando un daño mayor. Los golpes que tienen por objetivo un área acotada tienden a producir un valor alto de tensión en la zona dañada y, en sentido opuesto, a medida que el área aumenta, la tensión disminuye (Powell et al., 2011; Delannoy et al., 2012). Esto último fundamentaría el que G y P hayan generado menor cantidad de presencias en las variables que cuantifican el daño de manera cualitativa en relación a B y M (Tablas 6.7 a 6.12). Además, la dureza de la materia prima influye directamente en la transferencia energética al momento de la producción de lesiones. Mientras el metal transfiere en gran medida la energía del impacto, la madera tiende a absorber el golpe (Sulaiman et al., 2014). Cabe destacar que la profundidad no se ve aumentada cuando aumenta el tamaño de la lesión. En los resultados de los análisis bivariados se observa que la relación no es directamente proporcional entre profundidad y diámetros. El tamaño del área del golpe no influiría en la profundidad, un factor que podría estar influyendo en esta variable es el material del arma (metal, madera o roca en este caso). Sin embargo, con los datos obtenidos en este trabajo no es posible realizar pruebas que permitan evaluar esa hipótesis.

La comparación entre la muestra arqueológica y la muestra experimental arrojó tanto similitudes como diferencias. La cantidad de presencias de fracturas lineales (FL)

(una cada tres) y la de fracturas estrelladas (FE) (una cada diez) se repite en ambas muestras. Sin embargo, las fracturas concéntricas son más frecuentes en los cráneos arqueológicos (una cada tres) que en los cráneos experimentales (una cada seis). Esta situación se repite para las variables lascas adheridas a bordes de fractura (LA) y pérdida ósea (PO) ya que se observan una cada tres veces en los casos arqueológicos y una cada seis en los experimentales.

La diferencia observada en LA puede deberse a las diferencias mencionadas en los dos tipos de hueso (humano y de cerdo). El cerdo tiene mayor cantidad de tejido esponjoso que compacto. En los golpes se observó principalmente el desprendimiento de tejido esponjoso y en menor medida lascas de tejido compacto. Esta falta de correspondencia entre ambos componentes del hueso del cráneo podría explicar la diferencia en los resultados. Jordana y colaboradores (2013) mencionan que luego de un golpe con un objeto romo a un cráneo de cerdo la tabla externa se pierde y queda expuesto y disperso el diploe. Esto explicaría la pérdida o ausencia de lascas.

En los cráneos arqueológicos se observó una mayor presencia de PO que en los experimentales. Esto se puede explicar por una preservación deficiente de los cráneos arqueológicos (los cráneos arqueológicos estuvieron enterrados y luego debieron ser desenterrados, en cambio los experimentales no).

Bordes elevados (BE) es la variable con más cantidad de presencias con respecto a las demás variables, tanto en la muestra arqueológica como en la experimental. De todas las armas utilizadas, la boleadora es la que mayor cantidad de BE generó, ya que se registró en el total de los casos. La piedra (P), en cambio, es la que menos cantidad de BE generó, esto es 53%, la mitad de los casos. Los cráneos humanos presentaron valores de BE similares (48%) a los registrados con piedra.

La hipótesis que afirma que las marcas observadas en los cráneos arqueológicos siguen patrones atribuibles a la acción de alguno/s de lo/s elementos incluidos en este trabajo (G, B, M y P) no encontró suficiente sustento empírico en este trabajo. Sin embargo, se pudieron asociar categorías de marcas con categorías de golpes, según la magnitud de la fuerza aplicada (Figura 6.15).

Se reconocieron tres grupos de marcas en cráneos arqueológicos. El **grupo 1** se caracteriza porque la fuerza aplicada para provocar las lesiones se mantuvo en el rango de la deformación elástica del material óseo. Este grupo se asocia a golpes de piedra (Figura 6.16) pero, aunque no se puede afirmar que el elemento que produjo las marcas haya sido una piedra, se puede asociar a un elemento pesado y de superficie de impacto amplia. Al aumentar la masa de un objeto, la velocidad del golpe tiende a disminuir. Si a esto se le suma un aumento en el área de impacto, la tensión del golpe será baja y el daño que provocará será escaso (Gordón, 2011; Blau, 2016).

En el **grupo 2**, la energía del impacto habría alcanzado el rango de la deformación plástica, provocando solamente BE. Todas las armas produjeron marcas con valores similares a las de este grupo por lo que no se pudo asociar a ningún efector en particular (Figura 6.16).

Finalmente, el **grupo 3** presenta casos con un daño elevado evidenciado por la aparición de todas las variables cualitativas y porque las métricas arrojan promedios altos comparados con los otros grupos. En este sentido, se puede afirmar que la fuerza

aplicada para la generación de las lesiones que conforman este grupo superó el punto de falla (Kimmerle y Baraybar 2008) y la energía debió ser disipada por medio de fracturas. En el gráfico resultante del Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) (Figura 6.16) el grupo 3 se ubica cerca de los golpes redundantes (GR). Esto puede explicarse porque los casos que lo integran podrían haberse originado por la aplicación de más de un golpe en un mismo lugar ya que el hueso presenta menos resistencia luego del primer golpe. A su vez, un nivel de daño similar al del grupo 3 fue alcanzado dos veces, mediante un solo golpe, uno con boleadora (NIC 18.2.2) y otro con martillo (NIC 1.2.2).

En síntesis, el garrote no generó tantas marcas como las demás armas y podría deberse al material con el que está confeccionado. La madera puede absorber la energía del golpe y transferirle menor cantidad al hueso. La piedra también generó pocas marcas y este patrón puede vincularse a su peso elevado, que influye quitando velocidad al golpe, y área de impacto amplia, disminuyendo la tensión del golpe. En cambio, martillo y boleadora dejan mayor cantidad de marcas porque se alcanza una mayor velocidad en el golpe, son de material duro e impactan un área reducida. Esto hace que el hueso reciba mayor tensión y alcance el punto de fractura.

La identificación inequívoca de asociaciones arma/lesión es una de las mayores dificultades que presenta el análisis de traumas contundentes ya que diversos efectores generan patrones similares y el mismo efector puede generar patrones diferentes. Distintos agentes causales (e.g caídas o impactos accidentales) también confluyen en lesiones contundentes semejantes a las producidas por situaciones de violencia (Powell et al., 2011; Delannoy et al., 2012; Sulaiman et al., 2014; Dyer y Fibiger, 2017).

Por otra parte, muchos factores influyen directamente en el patrón de lesiones óseas en el neurocráneo. Por ejemplo, las características de la persona que efectúa los golpes (sus condiciones físicas), las propiedades biomecánicas del hueso, el peso y la velocidad alcanzada por el arma, el material con el cual está confeccionado, su superficie de contacto, el tamaño del área impactada, la dirección del impacto y el espesor del cuero cabelludo y del pelo. El grosor del hueso también tiene influencia ya que el material óseo tiende a romperse principalmente en las zonas más finas y por lo tanto menos resistentes. Los huesos con mayor volumen necesitan ser impactados con mucha energía para provocar su fragmentación (Powell et al., 2011; Delannoy et al., 2012; Smith et al., 2015). En ocasiones, se sobreestima o subestima la cantidad de golpes efectuados debido a la acción e interacción de estos factores.

En este trabajo se produjo un total de 64 impactos, de los cuales tres fueron golpes redundantes (GR) y nueve no dejaron marcas. Los tres GR no fueron contabilizados ya que cada uno oculta un golpe previo. Esta observación permite considerar la posibilidad de subestimación de impactos, si se tienen en cuenta solamente la cantidad de golpes que dejan marcas y/o la cantidad de golpes realizados en diferentes lugares del hueso. Al total de los casos concebidos como violentos en contextos reales, habría que sumarle un porcentaje que no está siendo considerado debido a que no todos los golpes logran lesionar el tejido óseo, sino que solamente afectan el tejido blando, lo que vuelve imposible su registro. Es decir, la ausencia de lesiones en los restos óseos no implica una ausencia de situaciones violentas (se subestima la cantidad de golpes y de situaciones de violencia). Los GR también producen subestimación, ya que una misma lesión puede estar producida por más de un golpe. En

este caso, el registro de lesiones subestima la cantidad de golpes. Es decir, que se contabilizará un total de golpes menor a los ocurridos.

En este trabajo se observó un porcentaje de subestimación de marcas del 14,75%. Este resultado es similar al 13,86% reportado por Gordón (2011), el cual surge de su experimentación con armas blancas con el fin de asociar las mismas a depresiones lineales en cráneos arqueológicos. En ella efectuó un total de 36 impactos de los cuales 5 no dejaron marcas en el tejido óseo (tabla 7.1).

Tabla 7.1

*Subestimación de impactos.*

Subestimación	Impactos efectuados	Impactos sin lesiones	%
Gordón, 2011	36	5	13,86 %
Otero, este trabajo	61	9	14,75 %

En la mayoría de los estudios experimentales, se aplica sólo un golpe en cada cráneo partiendo de la premisa que considera al segundo golpe como productor de un daño mayor (Jordana et al., 2013; Sulaiman et al., 2014). Sin embargo, en este trabajo se evidenció que cada golpe actúa de manera independiente, produciendo un máximo de cuatro golpes. Por lo tanto, es posible realizar más de un golpe en distintas zonas de un cráneo de cerdo sin afectar su resistencia, lo que a su vez permite aumentar el tamaño muestral, mejorando la solidez de los resultados de los análisis estadísticos.

### **7.3 Discusión de la aplicación de Fotogrametría**

Se aplicó fotogrametría para generar modelos 3D de tres cráneos arqueológicos. Esto permitió, en primer lugar, generar un registro digital de 3 elementos óseos pertenecientes a diversas colecciones de la División Antropología del Museo de La Plata (UNLP). La fotogrametría fija las características geométricas de un objeto en un momento dado. Por lo tanto, es muy útil para registrar objetos que son efímeros o susceptibles de romperse y evitar la pérdida de información. A su vez, la confección de los modelos digitales posibilita acceder a ellos fácilmente para revisar los datos relevados en los cráneos y que otros investigadores, que se encuentren en otros lugares de trabajo, también tengan acceso al material (los modelos se pueden compartir por internet).

En segundo lugar, se tomaron medidas digitalmente de las lesiones en los modelos generados y se compararon con las tomadas de manera analógica, con calibre, en los cráneos arqueológicos (Tabla 6.16). En los cuatro casos, ambas medidas son muy similares. El error máximo es menor a un milímetro. Esto abre la posibilidad de trasladar el análisis analógico al digital. Sin embargo, para obtener datos analizables en términos

estadísticos, aún resta ajustar un protocolo de medición a fin de reducir el error intra e inter-observador.

Por último, al ser una herramienta gráfica y visual, es útil para la exposición de los puntos relevantes en la investigación de una forma que capte la atención de un tercer observador (*e.g.* juez, jurado) ya que los representa de una manera clara y objetiva logrando que este comprenda y retenga lo que se quiere enfatizar con mayor facilidad. La fotogrametría, al generar modelos en 3D, logra una visión del objeto más amplia que una fotografía o una figura en 2D.

## 8. Conclusión y Perspectivas

El análisis de traumas en huesos humanos permite diferenciar lesiones de enfermedades o modificaciones naturales de la morfología y cómo se produjo; estimar la cantidad de golpes y su secuencia; distinguir el período en el que fue producida la marca: *antemortem*, *perimortem*, *postmortem*. En este sentido, la información obtenida del estudio del material óseo resulta útil en casos forenses para la determinación de la causa de muerte, la reconstrucción de la mecánica de las lesiones y el estudio de la dinámica de los hechos sucedidos.

En casos forenses y actuales se cuenta con información contextual, como datos sobre aspectos que se relacionan a cada caso particular de violencia. Por lo tanto, potencialmente es posible identificar o encontrar el efector de las lesiones. El método experimental cumple el objetivo de permitir el cotejo entre muestras indubitadas y dubitadas. En este trabajo se utilizó una muestra arqueológica con marcas de lesiones contundentes. La desventaja del uso de esta muestra es la calidad de la información de contexto. En estudios arqueológicos se cuenta con mayor extensión temporal, lo cual permite realizar inferencias de largo alcance en términos temporales. Esa característica redundante en pérdida de precisión del caso individual. Por lo tanto, para profundizar esta línea de trabajo sería ideal contar con casos más recientes. En los últimos años, en diferentes países, incluso en Argentina, se vienen conformando Osteotecas (colecciones de restos óseos humanos) que podrían servir a estos fines. Estos espacios reúnen las condiciones necesarias para hacer estudios sobre marcas de violencia en muchos casos indubitados, lo cual le otorgaría mayor precisión a la asociación entre la marca y el efector.

Aplicar el marco teórico actualista y llevar a cabo estudios experimentales comparativos es importante para investigar las causas de un fenómeno de interés, y generar modelos e hipótesis acerca de los agentes causales y los procesos responsables de la generación de determinados patrones.

Es relevante el desarrollo de líneas de investigación científica que genere conocimiento que sirva de sustento en casos forenses, que al mismo tiempo capacite profesionales en el análisis de restos óseos.

Este trabajo representa una primera aproximación experimental al estudio sistemático de lesiones con armas contundentes. El fin último que persigue es aportar a las ciencias forenses información en la cual basarse para realizar interpretaciones sobre el arma utilizada para producir lesiones, a nivel óseo, en una víctima. Los resultados han abierto nuevas preguntas que deberán ser profundizadas en futuros estudios donde se afinen las hipótesis y se reduzca la cantidad de factores implicados (por ejemplo, ensayos de un arma de las mismas características, pero hacer variar el tamaño, o la fuerza del impacto, o el área de impacto, etc.). Por otra parte, en nuevas contribuciones se espera determinar la energía del impacto mediante el análisis del registro fílmico obtenido, sumar otras variables (*e.g.* área y perímetro) y/o sumar otros efectores.

## Bibliografía

- Asociación Latinoamericana de Antropología Forense (ALAF) (2016). Guía latinoamericana de buenas prácticas para la aplicación de la antropología forense. Recuperado de [http://alafforense.org/doc/guia\\_definitivo\\_web.pdf](http://alafforense.org/doc/guia_definitivo_web.pdf)
- Baraybar, J.P. y Kimmerle, E.H (eds.). (2008). *Skeletal Trauma*. Boca Raton, USA. CRC Press Taylor y Francis Group. Pp, 152-199.
- Bass, W. M., y Jeffersson, J. (2008). *Beyond the body farm. A legendary bone detective explores murders, mysteries, and the revolution in forensic science*. HarperCollins Publishers.
- Blau, S. (2016). How traumatic: a review of the role of the forensic anthropologist in the examination and interpretation of skeletal trauma. *Australian Journal of Forensic Sciences*.
- Bourdieu, P. (1999). *Sobre el poder simbólico*, en Pierre Bourdieu, *Intelectuales, política y poder*. Buenos Aires: Eudeba. pp. 65-73.
- Buikstra, J. E., y Ubelaker, D. H. (1994). *Standards for data collection from human skeletal remains. Research series no. 44*. Arkansas archeological survey, Fayetteville. 272 pp.
- Cieza, F. (2010). El otro como adversario. *Cuadernos FHyCS-UNJu*, 38:99-108.
- Da Re, V. y Maceri, S. (2008). La antropología criminal de lombroso como puente entre el reduccionismo biológico y el derecho penal. *Límite. Revista de Filosofía y Psicología*. Vol. 3, (17):99-115. y (18):91-108. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile.
- Daéid, N. N., Cassidy, M., Mchugh, S. (2008). An investigation into the correlation of knife damage in clothing and the lengths of skin wounds. *Forensic Science International* 179:107-110.
- Delannoy, Y., Becart, A., Colard, T., Delille, R., Tournel, G., Hedouin, V., Gosset, D. (2012). Skull wounds linked with blunt trauma (hammer example). A report of two depressed skull fractures - Elements of biomechanical explanation. *Legal medicine*, 14:258-262.
- Dirkmaat, D. C. (ed) (2012). *A Companion to forensic anthropology*. Chichester, West Sussex. Blackwell Publishing Ltd. 716 pp.
- Dyer, M., y Fibiger, L. (2017). Understanding blunt force trauma and violence in Neolithic Europe: The first experiments using a skin-skull-brain model and the Thames Beater. *Antiquity*, 91(360):1515-1528.
- Falkingham, P. L. (2012). Acquisition of high resolution three-dimensional models using free, opensource, photogrammetric software. *Palaeontologia electronica*, 15:1-15.
- Fonderbrider, L. (2012). The application of forensic anthropology to the investigations of cases of political violence. En: Dirkmaat, D. C. (ed.) *A Companion to forensic anthropology*. (pp: 639-648.) Chichester, West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.
- Galli, J. M. (2010). La violencia: rasgo de la especie o conducta emergente de condiciones socio-históricas. *Cuadernos FHyCS-UNJu*, 38:89-97.
- Gifford-Gonzalez, D. (1991). Bones are not enough: analogues, knowledge and interpretative strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 10:215-254.

- González-Aguilera, D. y Gómez-Lahoz, J. (2009). Forensic Terrestrial Photogrammetry from a single image. *Journal of Forensics Sciences*, 54(6):1376-1387.
- Gordón, F. (2009<sup>a</sup>). Atribución causal a traumas craneofaciales en muestras del norte de Patagonia (República Argentina): una perspectiva experimental. *Magallania, Anales del Instituto de la Patagonia*, 37(2):57-76.
- Gordón, F. (2009b). Tafonomía humana y lesiones traumáticas en colecciones de museos. Evaluación de cráneos del noreste de Patagonia. *Intersecciones en Antropología*, 10:27-41.
- Gordón, F. (2011). Dinámica Poblacional, Conflicto y Violencia en el Norte de Patagonia durante el Holoceno tardío: un Estudio Arqueológico. Tesis Doctoral Publicada EdULP ISBN 978-950-34-0746-2. Pp.345, La Plata, Argentina.
- Gordón, F. y Bosio L. A. (2012). An experimental approach to the study of interpersonal violence in Northeastern Patagonia (Argentina), during the late Holocene. *Journal of Archaeological Science*, 39:640-647.
- Greene, J. C. (1954). Some Early Speculations on the Origin of Human Races. *American Anthropologist*, 56:31-41.
- Hammer, Ø., Harper, D. a. T., Ryan, P.D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 9–18.
- Harris, M. (1982). *Introducción a la antropología general*. Madrid: Editorial Alianza.
- Hobbes, T. (2004 [1651]). *Leviatán*. Buenos Aires: Ediciones Libertador.
- Humphrey, J. H. y Hutchinson, D. L. (2001). Macroscopic characteristics of hacking trauma. *Journal of Forensic Science*, 46:228-233.
- Hunt, E. E. (1981). The Old Physical Anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 56:339-346.
- Jauregui, L. (2018). *Fotogrametría Básica*. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/>
- Jordana, F., Colat-Parros, J., Bénézech, M., (2013). Diagnosis of skull fractures according to postmortem interval: an experimental approach in a porcine model. *Journal of Forensic Science*, 58(1):156-162.
- Karger, B., H. Sudhues, B. P. Kneubuehl, B. Brinkmann, (1998). Experimental arrow wounds: ballistics and traumatology. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*, 45:495-501.
- Krenzer, U. (2006). *Compendio de Métodos Antropológico Forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico*. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas (CAFCA), Guatemala. 541p.
- Lavezzo, J., Pereira, A.J. y Béguelin M. (2017). Primeros estudios de entomología forense en la ciudad de Neuquén: patrones de dispersión de larvas de Califóridos. En: (Guichón et al. Compiladores). Horizontes en antropología biológica. Libro de Resúmenes de las Decimoterceras Jornadas Nacionales de Antropología Biológica. p.148. City Bell.
- Lehmann-Nitsche, R. (1910). Catálogo de la Sección Antropología del Museo de La Plata. Imprenta Coni Hnos., Buenos Aires.

- Levin, L. G. (2015). Cuando la periferia se vuelve centro. La antropología forense en la Argentina: un caso de producción de conocimiento científico socialmente relevante. *Cuadernos de Antropología Social* 42:35-54.
- Lyman, R. L. (1994). *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge. 576p.
- Marean, C. W. (1995). Of Taphonomy and Zooarchaeology. *Evolutionary Anthropology*, 4(2):64-72.
- Margulies, S. S. y K. L. Thibault. (2000). Infant skull and suture properties: measurements and implications for mechanisms of pediatric brain injury. *Journal of Biomechanical Engineering*, 22:364-371.
- Moreno Gonzalez, L. R. (2006). *Manual de Introducción a la Criminalística*. Editorial Porrúa, México.
- Muñoz Nieto, Á. L., Rodríguez González, P., González Aguilera, D., Sabas Herrero Pascual, J. (2012). Aplicación de técnicas geomáticas a la infografía forense. *Cuaderno Red de Cátedras Telefónica*; Nº: 8.
- Padilla, E., y Reveco, I. (2004). Memorias del Grupo de Antropología Forense y su aporte al campo de los derechos humanos en Chile. Actas V Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile A. G, San Felipe.
- Peláez, J. I. (2005). La pertinencia de la antropología forense en el estudio de marcas de corte en restos óseos humanos contemporáneos en contextos de violencia. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Pichon-Rivière, E. (1980). *Teoría del vínculo*. Nueva Visión, Buenos Aires.
- Pichon-Rivière, E. (1985). *El proceso grupal. Del psicoanálisis a la psicología social (I)*. Nueva Visión, Buenos Aires.
- Powell, B. J., Passalacqua, N. V., Baumer, T. G., Fenton, T. W., Haut, R. C. (2011). Fracture Patterns on the Infant Porcine Skull Following Severe Blunt Impact. *Journal of forensic sciences*, 57:312-317.
- Prueger, E. (2010). *Criminalística aplicada*. WEB (PDF). Neuquén, Argentina.
- Pucciarelli, H. M. (1974). El método experimental en antropología biológica. *Etnia*, 19:1-7.
- R Core Team, (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rodríguez Cuenca, J. V. (1994). *Introducción a la Antropología Forense: análisis e identificación de restos óseos humanos*. Santafé de Bogotá: Anaconda.
- Rogers, L. F. (1992). *Radiology of Skeletal Trauma*. New York, Churchill Livingstone.
- Salado, M. y Fonderbrider, L. (2008). El desarrollo de la antropología forense en la Argentina. *Cuad. med. forense* [online] 53-54:213-221.
- Sheppard, K., Cassella, J. P., Fieldhouse, S. (2017). A comparative study of photogrammetric methods using panoramic photography in a forensic context. *Forensic Science International*, 273:29-38.
- Shpley, B. (2004). *Cause and Correlation in Biology*. Cambridge University Press, Cambridge. 317 pp.

- Small, J. (2016). Morphometric analysis of experimental blunt force trauma on *Sus domesticus* long bones. School of Anthropology & Conservation.
- Smith, M. J., James, S., Pover, T., Ball, N., Barnetson, V., Foster, B., Guy, C., Rickman, J., Walton, V. (2015). Fantastic plastic? Experimental evaluation of polyurethane bone substitutes as proxies for human bone in trauma simulations. *Legal Medicine*, 17(5): 427-435.
- Sulaiman, N. A., Osman, K., Hamzah, N. H., Amir Hamzah, S. P. A., (2014). Blunt force trauma to skull with various instruments. *Malaysian J Pathol*, 36(1): 33 – 39
- Tapia, A. J. (2017). Cambios postmortem en restos óseos humanos provenientes de los cementerios de Cipolletti (Río Negro) y La Plata (Buenos Aires). Un acercamiento a la tafonomía forense. Trabajo Final de Grado. Universidad Nacional de Río Negro.
- Ubelaker, D. H. (1990). *J. Lawrence Angel and the Development of the Forensic Anthropology in the United States*. En: *A life in Science: Papers in Honor of J. Lawrence Angel* pp. 191-200.
- Ubelaker, D. H. (2018). A history of forensic anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 165:915–923.
- Valdés Moreno, C. E. (2008). *Metodología de la investigación y manejo de la información*. Fiscalía General de la Nación, Escuela de Estudios e Investigaciones Criminalísticas y Ciencias Forenses. Bogotá, Colombia. 203pp.
- Wedel, V. L. y A. Galloway. (2014). *Broken bones: anthropological analysis of blunt force trauma*. 2da edición. Charles C. Thomas Publisher, 505 pp. Springfield.
- Wedel, V. L., A. Galloway y Zephro. (2014). *Trauma analysis: training, roles, and responsibilities*. En: (Wedel y Galloway eds.) *Broken bones: anthropological analysis of blunt force trauma*. pp: 5-10. Charles C. Thomas Publisher. Springfield.
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis*, 5th ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 944pp.

## Anexos

### Anexo 1.

#### *Lesiones en cráneos humanos arqueológicos*

Individuo	Procedencia	Sexo	Edad	Cronología	DM	DPM	P	FL	FC	FE	LA	BE	PO
294	Pampa	M	AS	Tardío	32,84	17,1	X	1	0	0	1	0	1
295	Pampa	M	AS	Tardío	36,2	30,7	2,9	1	0	0	0	1	0
312	Pampa	M	AS	Tardío	60,82	55,08	X	1	1	1	0	0	1
312.2	Pampa	M	AS	Tardío	21,86	17,8	5,34	0	0	0	0	1	0
329	Pampa	M	AM	Tardío	32,16	17,72	3,1	0	0	0	0	1	0
329.2	Pampa	M	AM	Tardío	17,8	9,54	1,54	0	0	0	0	0	0
344	Pampa	F	AJ	Tardío	24,78	16	2,1	0	0	0	0	1	0
344.2	Pampa	F	AJ	Tardío	31	18,92	0,58	0	0	0	0	1	0
353	Pampa	F	AM	Tardío	37,76	30,6	1,68	0	0	0	0	1	0

382	Pampa	M	AJ	Tardío	15,1	12,56	X	1	1	1	1	0	1
398	Pampa	M	AM	Tardío	11	7	0,8	0	0	0	0	0	0
399	Pampa	M	AS	Tardío	24,02	15,1	1,96	0	0	0	0	1	0
766	NQN	M	AM	Tardío	76,38	44,72	X	1	1	0	1	0	1
783	RN	F	A	S/I	28,12	20,32	5,54	1	1	0	1	0	0
812	RN	M	AM	Temprano	18,78	14,62	0,92	0	0	0	0	0	0
812.2	RN	M	AM	Temprano	7	5,68	0,54	0	0	0	0	1	0
939	RN	I	S	Tardío	24,42	13,22	2,06	0	0	0	0	0	0
997	RCh	M	AM	Tardío	29,03	18	0,56	0	0	0	0	0	0
1021	RCh	F	AM	Tardío	24,08	9,1	1,82	0	0	0	0	1	0
1029	RCh	M	AS	Tardío	60,26	25,92	X	1	1	0	1	0	1
1029.2	RCh	M	AS	Tardío	16	12,06	1,66	0	0	0	0	0	0
1058	RCh	M	AJ	Tardío	48,92	30	0,42	0	0	0	0	1	0

1125	RCh	M	AS	S/I	15,3	12,6	1,1	0	0	0	0	1	0
1129	RCh	F	AJ	Tardío	93,24	50,66	X	1	1	0	1	0	1
1304	RCh	I	I	S/I	72,42	45	X	1	1	0	1	1	1

---

Referencias:

NQN: Neuquén; RN: valle inferior del río Negro; RCh: valle inferior del río Chubut;

M: Masculino; F: Femenino

AS: Adultos seniles (> 50 años); AM: Adultos medios (35-49 años); AJ: Adultos jóvenes (20-34 años); A: Adultos indeterminados (>20 años); S: Subadultos (<19 años).

I: Indeterminados. S/I: Sin información.

0: Ausencia; 1: Presencia

Valores de medidas en mm.

## Anexo 2.

### *Lesiones en cráneos de Sus Scrofa experimentales.*

Cráneo	Golpe	Lesión	PIN	DM	DPM	P	FL	FC	FE	LA	BE	PO
0			0									
1	1	x	1.1.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
1	2	2	1.2.2	39,98	29,8	11,72	0	1	1	1	1	0
1	3	3	1.3.3	14,51	5,91	0,92	0	0	0	0	1	0
2	1	1	2.1.1	6,18	3,87	0,88	1	0	0	0	1	1
2	2	x	2.2.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
2	3	x	2.3.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
2	4	4	2.4.4	13,13	9,44	2,27	1	0	0	0	1	1
3	1	x	3.1.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
3	2	2	3.2.2	37,71	26,53	14,68	1	1	1	1	1	1

3	3	3	3.3.3	22,11	14,78	0,73	0	0	0	0	1	0
3	4	*	3.4.									
4	1	1	4.1.1	20,02	13,43	1,92	0	0	0	0	1	0
4	2	2	4.2.2	19,75	14,22	1,03	0	0	0	0	1	0
4	3	3	4.3.3	8,8	2,51	0,62	1	0	0	0	1	0
4	4	4	4.4.4	14,77	9,8	0,39	0	0	0	0	1	0
5	1	1	5.1.1	23,2	9,95	1,05	0	0	0	0	1	0
5	2	2	5.2.2	13,49	11,3	0,37	0	0	0	0	1	0
5	3	3	5.3.3	17,62	9,55	0,67	1	0	1	0	1	0
5	4	4	5.4.4	19,22	11,66	2,44	1	0	0	0	1	0
6	1	1	6.1.1	22,19	16,83	0,63	1	0	0	0	1	0
6	2	x	6.2.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
6	3	3	6.3.3	27,43	20,79	0,39	0	0	0	0	1	0

7	1	1	7.1.1	19,98	11,73	6,18	0	0	0	0	1	0
7	2	x	7.2.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
7	3	3	7.3.3	21,43	17,72	0,33	0	0	0	0	1	0
8	1	1	8.1.1	28,79	7,5	0,27	0	0	0	0	1	0
8	2	2	8.2.2	11,91	4,27	0,25	0	0	0	0	1	0
8	3	3	8.3.3	19,41	17,29	0,31	0	0	0	0	1	0
9	1	1	9.1.1	13,45	9,08	0,51	0	0	0	0	1	0
9	2	x	9.2.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
9	3	3	9.3.3	14,97	9,88	0,21	0	0	0	0	1	0
10	1	1	10.1.1	15,56	14,35	0,58	0	0	0	0	1	0
10	2	2	10.2.2	15,2	9,11	0,16	0	0	0	0	1	0
10	3	3	10.3.3	46,1	13,62	16,77	1	1	1	1	0	1
11	1	1	11.1.1	24,09	7,41	0,69	0	0	0	0	1	0

11	2	2	11.2.2	22,26	8,28	0,23	0	0	0	0	1	0
11	3	3	11.3.3	9,92	3,62	0,3	0	0	0	0	1	0
12	1	1	12.1.1	14,58	13,06	0,22	0	0	0	0	0	0
12	2	x	12.2.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
12	3	3	12.3.3	20,48	17,72	0,29	1	0	0	0	0	0
13	1	1	13.1.1	7,53	6,79	0,13	0	0	0	0	0	0
13	2	2	13.2.2	16,15	8,38	1,45	0	1	0	1	1	0
13	3	3	13.3.3	3,29	1,94	0,03	0	0	0	0	0	0
14	1	1	14.1.1	12,52	9,05	0,17	0	0	0	0	1	0
14	2	2	14.2.2	9,61	4,59	0,11	0	0	0	0	0	0
14	3	3	14.3.3	28,7	19,66	1,13	0	1	0	1	1	0
15	1	x	15.1.x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
15	2	2	15.2.2	11,92	9,73	0,31	0	0	0	0	1	0

15	3	3	15.3.3	11,07	7,8	0,67	1	0	0	0	1	0
16	1	1	16.1.1	20,68	5,1	0,55	1	0	0	0	1	0
16	2	2	16.2.2	20,35	7,4	0,23	1	0	0	0	1	0
16	3	3	16.3.3	17,03	8,53	0,29	1	1	0	1	1	0
17	1	1	17.1.1	22,66	20,47	0,51	0	0	1	0	1	0
17	2	2	17.2.2	21,48	15,56	0,33	1	0	1	0	1	0
17	3	3	17.3.3	20,42	15,09	0,23	1	0	0	0	1	0
18	1	1	18.1.1	19,14	9,51	0,26	0	1	0	0	1	0
18	2	2	18.2.2	21,96	18,85	4,23	1	1	0	0	1	1
18	3	3	18.3.3	25,27	13,94	0,48	0	0	0	0	1	0
19	1	1	19.1.1	23,17	13,38	0,61	1	0	0	0	1	0
19	2	2	19.2.2	24,42	22,57	0,37	1	0	0	0	1	0
19	3	3	19.3.3	23,6	20,29	0,65	0	0	0	0	1	0

20	1	1	20.1.1	42,46	27,19	1,46	1	1	1	1	1	0
20	2	*	20.2.									
20	3	*	20.3.									

---

Referencias:

x: No hay información, el golpe no dejó marca.

\*: Golpe redundante: percutió en el mismo lugar del cráneo que otro golpe.

0: Ausencia; 1: Presencia

Valores de medidas en mm

