



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**SECRETARIA DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
MEDICINA LEGAL**

***“DAÑO HISTOPATOLÓGICO GENERADO POR LA ENERGÍA CINÉTICA EN  
TEJIDO QUE RODEA EL TRAYECTO EN UNA HERIDA OCASIONADA POR  
PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO”***

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR  
DR. ANDRES ORIOL MORALES**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA LEGAL**

**DIRECTOR DE TESIS  
VALENTIN GONZALEZ FLORES  
ERNESTO CARREÑO ROSAS  
JUAN SORIANO ROSAS  
ANGELICA AVILA SANCHEZ**

**2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**SECRETARIA DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
MEDICINA LEGAL**

***“DAÑO HISTOPATOLÓGICO GENERADO POR LA ENERGÍA CINÉTICA EN  
TEJIDO QUE RODEA EL TRAYECTO EN UNA HERIDA OCASIONADA POR  
PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO”***

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR  
DR. ANDRES ORIOL MORALES**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA LEGAL**

**DIRECTOR DE TESIS  
VALENTIN GONZALEZ FLORES  
ERNESTO CARREÑO ROSAS  
JUAN SORIANO ROSAS  
ANGELICA AVILA SANCHEZ**

**2014**

**DAÑO HISTOPATOLÓGICO GENERADO POR LA ENERGÍA CINÉTICA EN  
TEJIDO QUE RODEA EL TRAYECTO EN UNA HERIDA OCACIONADA POR  
PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO**

DR. ANDRES ORIOL MORALES

MEDICO RESIDENTE DELCURSO DE ESPECIALIZACION EN MEDICINA  
LEGAL UNAM

Vo. Bo.

DR. VICTOR HUGO SOTO FLORES

---

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACION EN MEDICINA  
LEGAL UNAM

Vo. Bo.

DR. ANTONIO FRAGA MOURET

---

DIRECTOR DE EDUCACION E INVESTIGACION

**DAÑO HISTOPATOLÓGICO GENERADO POR LA ENERGÍA CINÉTICA EN  
TEJIDO QUE RODEA EL TRAYECTO EN UNA HERIDA OCASIONADA POR  
PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO**

DR. ANDRES ORIOL MORALES

---

MEDICO RESIDENTE DELCURSO DE ESPECIALIZACION EN MEDICINA LEGAL  
UNAM

**Vo. Bo.**

DR. VALENTÍN GONZÁLEZ FLORES

---

MÉDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE PATOLOGÍA POSMORTEM DEL  
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO.

**Vo. Bo.**

DR. JUAN SORIANO ROSAS

---

MÉDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE PATOLOGÍA DEL HOSPITAL GENERAL  
DE MÉXICO.

**Vo. Bo.**

DR. ERNESTO CARREÑO ROSAS

---

MEDICO PERITO ADSCRITO AL SERVICIO MEDICO FORENSE DE  
NAUCALPAN DE JUAREZ ESTADO DE MEXICO

**Vo. Bo.**

DR. ANGELICA AVILA SANCHEZ

---

COORDINADORA DE SERVICIOS MÉDICOS PERICIALES DE MEDICINA  
FORENSE EN TLALNEPANTLA.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que tan generosamente me apoyaron y ayudaron mis más grandes y sinceros agradecimientos, en especial:

1.- A mis directores de tesis, por lo que me ayudaron y enseñaron para que este trabajo se hiciera realidad y por ser más que profesores unos verdaderos amigos, mi más sincero respeto y profundo agradecimiento.

2.- A mis padres por la vida que me dieron y con quienes tengo una deuda impagable, pero sobre todo una gratitud que jamás me alcanzara el tiempo para demostrarles y por todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

3.- A mis hermanos pues la vida me ha enseñado a valorar cada uno de los momentos que pase con ellos, y por el gran apoyo y respeto que siempre me han brindado.

4.- A mi esposa por ser el amor de mi vida y haber sido parte fundamental en el desarrollo profesional y sobre todo familiar, por su apoyo incondicional en todo momento, pero sobre todo por la gran familia que me ha regalado, a mis hijos indudablemente por ser la fortaleza de mis acciones y ser el centro de atención de sus vidas, su amor y cariño siempre demostrado que me ha hecho seguir adelante dando fortaleza a la mentalidad de un hombre que solo busca un mejor desarrollo profesional y personal, que ha concebido que debe existir un equilibrio entre el desarrollo profesional y familiar pues de lo contrario habrías fracasado.

## INDICE

1. Introducción.....	7
1.1. Objetivos.....	9
1.2. Justificación.....	10
1.3. Planteamiento del problema.....	12
2. Generalidades sobre Balística.....	16
2.1. Balística externa.....	16
2.2. Balística interna.....	17
2.3. Balística de efectos.....	18
3. Antecedentes históricos sobre la descripción histológica de las heridas producidas por proyectil disparado por armas de fuego.....	24
4. Actualidad en el manejo de las heridas ocasionadas por proyectil disparado por arma de fuego.....	26
5. Material y métodos.....	35
5.1. Materiales.....	35
5.2. Método.....	37
a) Universo de estudio.....	37
b) Criterios de inclusión.....	37
c) Criterios de no inclusión.....	37
c) Estrategia de recolección de datos.....	38
6. Resultados.....	47
6.1. Análisis de los datos.....	47
7. Consideraciones y discusión.....	81
8. Conclusiones.....	86
9. Referencias bibliográficas.....	87

## INTRODUCCION

Actualmente en las causas de muerte, los homicidios han tenido un aumento importante en los últimos años, siendo las lesiones por armas de fuego responsables de casi de un tercio. Por esto, es cada vez más frecuente que los médicos de primer contacto de las unidades hospitalarias se vean enfrentados a traumas ocasionados por proyectiles disparados por arma de fuego por lo que es importante que tengan nociones básicas de las características de este tipo de lesiones y sus implicancias médico legales. Conocer el trayecto probable del proyectil, la posibilidad de lesión concomitante por gases así como por la transmisión de energía a partir del proyectil hacia los tejidos que rodean el trayecto que ha formado, sospechar la presencia de algún tipo de material del proyectil dentro de la herida, etc, puede orientar en la valoración y toma de decisiones en el manejo de los pacientes con estas heridas. Además del valor criminalístico y forense, reconocer algunas características de las lesiones por armas de fuego nos permite anticipar, presuponer las lesiones que encontraremos y planificar la intervención que se puede realizar<sup>7</sup>.

Es por ello que el objetivo del presente estudio radica en realizar una descripción macroscópica y microscópicas de las lesiones que se encuentran en el tejido que circunda el trayecto generado por el proyectil disparado por arma de fuego en su paso por el organismo, para que el médico tratante de primer contacto pueda tener en mente cada una de las características que se

mencionan y probablemente pueda influir en el manejo y tratamiento de dicho paciente.

Por otro lado es bien conocido que las lesiones por proyectil de arma de fuego constituyen a la fecha un problema de salud pública en el mundo, es por ello que resulta importante el tener conocimientos adecuados por parte de los médicos de primer contacto en los centros hospitalarios pues la atención de dichos pacientes en muchas ocasiones resulta de vital importancia e impactar en la morbi - mortalidad de dichos padecimientos.

En California, las lesiones por proyectil de arma de fuego (PAF) son la causa principal de muerte entre jóvenes de 1 a 19 años. Mueren más californianos de heridas causadas por PAF que por accidentes de automóvil. Aproximadamente ocurren en los estados Unidos de Norteamérica 500,000 lesiones por proyectil de arma de fuego al año, que ocasionan aproximadamente 50,000 muertes.

En México no tenemos una completa información sobre la frecuencia y morbi-mortalidad de estas lesiones, pero se ha incrementado la frecuencia de estas aunque no disponemos de una estadística real.<sup>1,3,4</sup>

Las heridas por PAF pueden provocarse de manera accidental o con la clara intención de provocar daño, en un contexto de una autoagresión o agresión por parte de terceros. Estas lesiones constituyen una urgencia para el paciente y

serán motivo de consulta a nivel de centros asistenciales de emergencia. El resultado del daño puede no comprometer la vida, comprometer la vida o bien ocasionar la muerte. En aquellos casos en que hay compromiso vital, existe la posibilidad de sobrevida con recuperación total o parcial, o bien sobrevida y posterior fallecimiento de la víctima<sup>3</sup>.

El contexto de la agresión puede corresponder a suicidios, maltrato infantil, violencia de género, delincuencia común y organizada, enfrentamientos armados, violaciones de derechos humanos, centro de detención<sup>3</sup>.

## **OBJETIVOS**

### **General**

1. Describir el daño histopatológico que se generan en el tejido circundante al trayecto en las heridas ocasionadas por proyectil disparado por arma de fuego.

### **Específicos**

1. Obtener tejido circundante al trayecto de herida ocasionada por proyectil disparado por arma de fuego.
2. Realizar procesamiento de tejido e incluir las muestras de tejido en parafina y obtener cortes histológicos de cada una de las muestras.
3. Realizar tinciones de hematoxilina y eosina en laminillas con cortes de tejido.
4. Observar y describir con microscopio de luz convencional los cortes histológicos de tejido.
5. Observar y describir el daño histopatológico que se genera posterior a herida ocasionada por proyectil disparado por arma de fuego.

## **JUSTIFICACION**

Las lesiones por proyectil de arma de fuego constituyen en la actualidad un problema de salud pública en el mundo. En California, las lesiones por proyectil de arma de fuego (PAF) son la causa principal de muerte entre jóvenes de 1 a 19 años. Mueren más californianos de heridas causadas por PAF que por accidentes de automóvil. Aproximadamente ocurren en los estados Unidos de Norteamérica 500,000 lesiones por proyectil de arma de fuego al año, que ocasionan aproximadamente 50,000 muertes. En México no tenemos una completa información sobre la frecuencia y morbi-mortalidad de estas lesiones, pero se ha incrementado la frecuencia de estas aunque no disponemos de una estadística real.

Las lesiones por arma de fuego han sido estudiadas a través de los siglos y se encuentran diferentes formas de evaluación y tratamiento. Algo importante que hay que recalcar en este tema y gracias a estudios previos es que lo más importante en el estudio de estas lesiones es tomar en cuenta la eficiencia de la transferencia de energía, que depende de las características físicas del proyectil así como de su energía cinética, estabilidad, orificio de entrada y el trayecto que haya seguido a través del cuerpo así mismo de las características propias de los tejidos lesionados; por otro lado la necesidad de los médicos y la limitación que se tiene en cuanto al manejo de la información de estas lesiones y la valoración de la heridas ocasionadas en pacientes así como el daño generado en el tejido que rodea al trayecto generado por el proyectil disparado por arma

de fuego y que de acuerdo a publicaciones clínicas el medico clínico no posee información suficiente y confiable de la magnitud de la lesión por lo que en general son mal abordadas y son consideradas como lesiones con un morbi-mortalidad muy elevada.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Dentro de la práctica médica diaria, cada vez es más frecuente encontrarse con lesiones ocasionadas por proyectiles de arma de fuego, consecuencia de la violencia e inseguridad de nuestra sociedad actual. Así mismo, con mayor frecuencia se encuentran lesiones ocasionadas por armas más sofisticadas en nuestros grandes centros urbanos y áreas rurales por lo que es esencial que el médico de primer contacto posea nociones elementales sobre armas de uso actual, el tipo de heridas que pueden causar, pero sobre todo de la magnitud de la lesión no solo en el sitio de la lesión sino en el tejido que rodea el trayecto que genero el proyectil en su paso por el organismo para poder tener un mejor enfoque que permita establecer o iniciar el tratamiento que tenga en consideración las características antes mencionadas y le ayude a mejorar la prevención de complicaciones. En la literatura médico legal se mencionan las características de las heridas producidas por proyectiles de armas de fuego, se realiza mención de algunas de sus características desde el punto de vista balístico pero carecemos de una adecuada descripción de ellas en el tejido que rodea el trayecto generado por las mismas.

Por lo que se genera la necesidad de realizar una descripción más adecuada de las lesiones y se formula la siguiente pregunta:

**¿Cuál es el daño histopatológico que ocasiona la energía cinética en el tejido que rodea el trayecto en una herida ocasionada por un proyectil disparado por arma de fuego?**

## **GENERALIDADES SOBRE BALISTICA Y LAS HERIDAS OCASIONADAS POR PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO**

Las lesiones por arma de fuego se definen como el conjunto de alteraciones producidas en el organismo por el efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego. Por su parte, las armas de fuego se definen como aquellos instrumentos destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles aprovechando la fuerza expansiva de los gases que se producen en su interior por deflagración de la pólvora. Estos proyectiles poseen una gran energía cinética o fuerza remanente por lo que alcanzan largas distancias con gran capacidad de penetración<sup>6</sup>.

### **Balística**

La balística es la rama de la física que estudia el comportamiento y los efectos mecánicos producidos por los proyectiles. Se divide, para su estudio, en tres grandes grupos<sup>1, 6,9,14,15,16,19,20,23</sup>:

- **Balística exterior:** Le corresponde el estudio de la trayectoria del proyectil, desde el momento en que abandona la boca del cañón del arma hasta su arribo al blanco, y de los fenómenos que lo afectan en concordancia con las particularidades de cada caso, tales como la gravedad, la resistencia del aire, la influencia de la dirección e intensidad de los vientos y particularmente los obstáculos que se le interpongan y que en definitiva son productores de los rebotes que modifican la

trayectoria original. La balística exterior estudia la trayectoria balística bajo diversas condiciones.

- Balística interior: estudia los fenómenos ocurridos dentro del arma de fuego hasta que el proyectil sale por el cañón. Es la parte de la balística que comprende el estudio del arma de fuego, su diseño, características, funcionamiento y lo referente a los disparos efectuados con la misma. Corresponde a la balística interior, por ejemplo el cálculo de longitudes de cañones de determinados tipos; la dureza de su material y el tratamiento térmico a emplear en su fabricación; las características de las estrías; las marcas de las pruebas que lleva toda arma; la aptitud del arma para su uso, pues muchas veces es importante, por las características del hecho, poder comprobar si un arma se halla en condiciones de seguridad de los diversos mecanismos del arma, pues puede interesar conocer si un arma pudo haberse disparado como consecuencia de un golpe. Como todos los fenómenos se desarrollan desde el inicio de la ignición misma, dado que ellos se caracterizan por importantes variaciones de temperatura y presión, en un lapso infinitesimal, esta parte de la balística se debe complementar con la física, la química y la electromagnética, y basarse en estudios de las curvas características de gases en complemento con espectrogramas; así mismo ocurre con las deformaciones metálicas de las piezas componentes y los químicos contenidos en las cargas de ignición utilizadas en el cartucho.

- Balística de efectos o terminal: Se encarga del estudio de todas las consecuencias y efectos que puede producir el proyectil disparado por un arma de fuego, desde el primer impacto, hasta que se detiene. Así mismo examinar y determinar las causas de las deformaciones sufridas por él proyectil, el grado de penetración que tiene un cartucho, la distancia del disparo, las fragmentaciones, efectos explosivos del proyectil: pólvora, vainas servidas, y proyectiles. Dentro de esta rama encontramos la balística de las lesiones, que explica los mecanismos de producción de las heridas por efecto de los proyectiles de armas de fuego sobre los tejidos del cuerpo humano.

Los factores que influyen en la producción de la herida, a nivel del orificio de entrada, son los siguientes:

- Choque del proyectil disparado por arma de fuego (PAF).
- Roce por movimiento giroscópico.
- Presencia de lubricantes y residuos en la superficie del PAF.
- Salida de la llama por el cañón.
- Eyección de restos de pólvora quemada
- Salida de humo.

Una vez que el PAF ha ingresado al cuerpo, la gravedad de una herida por PAF está determinada por dos factores: el desgarro del tejido causado por la interacción mecánica con el proyectil y los efectos de cavidad temporal producida por el PAF. Al penetrar en el cuerpo, el giro provocado por las estriaciones es insuficiente para compensar la resistencia del tejido por lo que a

medida que el proyectil avanza, la deriva de éste aumenta, alcanzando los 90°. De esta forma se expone al máximo la superficie del PAF. Si continúa avanzando, termina de girar en 180° y la base queda hacia delante.

Además de la lesión mecánica del tejido, un PAF en movimiento desplaza lateralmente el tejido de igual forma que un barco al navegar un lago. Cuanta mayor energía cinética posea el proyectil, mayor energía perderá y mayor será el desplazamiento del tejido. El tejido desplazado crea una cavidad temporal que se mantiene entre 5 y 10 milisegundos. Desde su inicio hasta su colapso sufre una serie de dilataciones y contracciones cada vez más pequeñas, antes de desaparecer, dejando un trayecto permanente.<sup>1 3,8,10</sup>

La cavidad temporal puede alcanzar un diámetro 11 veces mayor que el del PAF. La máxima expansión de la cavidad estaría dada por un PAF que se desplaza de lado, sin deformación ni fragmentación.

### **Componentes de la herida por PAF**

- Orificio de entrada
- Trayecto
- Lesiones asociadas
- Orificio de salida (puede estar presente o ausente)

## **Características de la herida por PAF**

Dependen de los siguientes factores:

- Energía cinética del proyectil
- Fragmentación del PAF
- Fogonazo de 2,5 a 5 cm de longitud, T° 760 °C
- Una nube de gas
- Granos de pólvora quemados y sin quemar
- Carbón u hollín procedentes de la pólvora quemada
- Metal vaporizado proveniente del PAF, casquillo y fulminante

Existen factores que influyen en el aspecto de las heridas dependiendo de la distancia entre la boca del arma y el cuerpo. De este modo se pueden clasificar en las siguientes categorías: en contacto, a corta distancia, a media distancia y a larga distancia.

## **Mecanismos de lesión**

El coeficiente balístico, el potencial vulnerante y el potencial de detención son las cualidades del proyectil de las armas de fuego portátiles y semi portátiles, que afectan directamente a los tejidos del cuerpo humano impactados y están en función del alcance práctico de dichas armas. Es decir, las características de los proyectiles y los tejidos determinan la naturaleza de las lesiones.

Existen dos mecanismos de lesión principales o primarios <sup>1, 7, 21,22</sup>.

1. Directos: Son productos del desplazamiento del proyectil durante su trayecto sobre el cuerpo humano provocando daño directo a los tejidos, creando una cavidad permanente.

a) Contusión: aplastamiento por el impacto directo de la superficie del proyectil sobre los tejidos.

b) Disrupción: Laceración de los tejidos por el proyectil o sus fragmentos.

c) Quemadura: por transferencia de calor.

Dentro de los mecanismos de lesión directos, existen factores que modifican el patrón de las heridas, debido principalmente a la inestabilidad del proyectil durante su desplazamiento, generado por los movimientos y fuerzas inherentes a éste:

2. Durante el desplazamiento

a) Precesión: es el movimiento en el cual la punta del proyectil traza una circunferencia en el aire, perpendicular a su trayectoria y sobre su centro de gravedad.

b) Spin: es el giro sobre el eje vertical del proyectil durante su trayecto en el aire, y éste es conferido por el rayado del ánima del cañón; conforme pierde velocidad el proyectil, la punta describe un patrón característico con forma de roseta que los autores americanos han llamado nutación (del inglés nutation).

### 3. Al impacto sobre los tejidos

a) Deformación: las ojivas de armas de fuego militares son de núcleo de plomo y antimonio, cubiertas con una camisa de cobre, a lo que el argot castrense se le conoce como “Full Metal Jacket” (FMJ). Las ojivas civiles comúnmente conocidas como “balas expansivas” o “dum-dum”, se encuentran construidas con núcleo de plomo parcial o sin cubierta de cobre; además, existe otro tipo de munición conocido como hollow point (punta hueca) que como lo dice su nombre, tiene un orificio en la punta; algunas variantes contienen materiales plásticos o aleaciones metálicas más dúctiles que llenan este orificio, y se conocen como soft point (punta blanda), otras variantes son las modificaciones caseras por el usuario como el debilitamiento de la punta del proyectil FMJ con cortes en forma de cruz o lijado de la cubierta de cobre. Todos los proyectiles se deforman al contacto con el objetivo; sin embargo, las variantes civiles diseñadas específicamente para esto ocasionan mucho mayor aplanamiento al impacto, en forma de hongo, lo que aumenta la superficie de contacto y lesionando una mayor área de tejido. Este tipo de proyectil provoca mayor daño que las de uso exclusivo por las fuerzas armadas (completamente encamisadas). En general, un proyectil de plomo puro que atraviesa tejidos blandos se deforma cuando viaja a velocidades mayores 60 m/s, mientras que los proyectiles FMJ se deforman en las mismas circunstancias cuando viajan a velocidades mayores a 350 m/s.

b) Rodamiento: cuando el proyectil viaja girando 1 a 3 sobre su centro de gravedad, el cual se localiza levemente desplazado posteriormente del centro

del proyectil sobre su eje mayor, al impactarse contra un tejido, ese centro de gravedad se desplaza hacia la punta del proyectil haciendo que ruede dentro de los tejidos, aumentando su superficie de contacto y provocando una cavidad permanente mayor al diámetro del eje menor del proyectil.

c) Fragmentación: aunque se observa con mayor frecuencia en ojivas parcialmente o no cubiertas, las ojivas FMJ también se pueden fragmentar al experimentar rodamiento o al impactarse contra tejidos óseos; otros proyectiles que frecuentemente se fragmentan son las esquirlas de granadas de artillería o minas antipersonal, así como la mayoría de los proyectiles secundarios, incrementando la superficie de contacto y cantidad de tejido aplastado.

#### 4. Indirectos

a) Cavitación: es la elongación radial de los tejidos sobre las paredes del trayecto del proyectil. Durante el vuelo, el proyectil se estabiliza girando sobre su eje de gravedad por la fuerza de rotación conferida por las estrías del cañón, entre mayor potencia (velocidad) tenga el proyectil y más largo sea el cañón, más rápido será el giro de éste durante el vuelo y mayor la cantidad de energía cinética. Esto es debido a que los gases de la deflagración de la pólvora en la recámara del arma, tienen mayor tiempo para acelerar el proyectil hacia la atmósfera. Al impactarse sobre un tejido, el cambio de densidad hace que el proyectil transmita su energía cinética, ocasionando una onda expansiva que elonga los tejidos más allá de los diámetros del calibre del proyectil provocando trauma contuso a los tejidos adyacentes y formando lo que se conoce como

cavidad secundaria o temporal. La cavidad temporal máxima dura algunos milisegundos, después que el proyectil atraviesa los tejidos y alcanza diámetros de hasta 20 veces el calibre del proyectil cuando el individuo se encuentra entre 250 y 500 m que es el rango efectivo de la mayoría de los fusiles de guerra actuales. Debido a las fuerzas que siguen el trayecto del proyectil son de menos resistencia, la cavidad temporal tiende a ser asimétrica y abarcar varios planos anatómicos. Al producirse, la presión negativa dentro de la herida puede succionar cuerpos extraños como tierra y ropa. En muchas ocasiones se confunden los efectos ocasionados por la cavitación secundaria con los efectos de los proyectiles secundarios generados por fragmentación, los cuales crean su propio trayecto a través de los tejidos, siendo esto la causa de lesión más importante en la producción de heridas por armas de fuego<sup>1,20,21,22</sup>.

b) Onda de choque: la presión de la onda sónica que precede al proyectil, aparentemente viaja a través de los tejidos sin jugar parte en el mecanismo de lesión antes descrito.

## **ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE LA DESCRIPCIÓN HISTOLÓGICA DE LAS HERIDAS PRODUCIDAS POR PROYECTIL DISPARADO POR ARMAS DE FUEGO.**

Habitualmente los estudios histopatológicos con microscopio óptico se centran principalmente en los orificios de entrada cutáneos, seguidos por los orificios de entrada óseos y finalmente los orificios de salida.

El estudio histopatológico de los orificios de entrada cutáneos se practican desde hace mucho tiempo, existen descripciones históricas de trascendencia (clásicas) y estudios de mayor actualidad.

A continuación se hace referencia a la descripción realizada en estudios previos en donde se encuentran descripciones tales como: <sup>17,18,24,25</sup>

- Signo de Okros.
- Signo de “T” invertida.
- Signo de la basofilia de Krauland.
- Signo de las pequeñas fibras de ropa de Dietz.
- Signo de las micro partícula de pólvora de Bonnet.

### **Clásicas**

1. Signo de Okros: estudiados y publicados en un estudio en 1955 y es una serie de 5 signos: refiere en su descripción básicamente los fenómenos observados en el canal contusivo por el paso del proyectil: pues resulta lógica la destrucción de las estructuras tisulares a dicho nivel, detalladas según se trate de fibras integrantes del tejido conectivo o de tejido

adiposo. Por otra parte la presencia de anillos de infiltración hemorrágica denota la vitalidad de la lesión, el signo de la T invertida, la basofilia y la presencia de microfibras tiene vigencia y utilidad.

- Anillo de infiltración grasa cutánea: se refiere a un anillo de pequeñas gotas de grasa en el tejido conectivo fibroso profundo subcutáneo por debajo del tejido adiposo.
- Anillo traumático del sistema fibroso elástico del tejido conjuntivo subcutáneo: es provocado cuando por acción del proyectil el retículo fibroso estalla, las fibras se rompen en varios puntos y se retuercen en forma de espiral.
- Anillo de desintegración del tejido adiposo o anillo de los conos vacíos: se produce al penetrar el proyectil que se determina por presión un aplastamiento de tejido adiposo que hace que este se desarticule de los conos conectivos.
- Anillo de infiltración sanguínea: zona de infiltrado hemático en la zona de interface del tejido adiposo y conjuntivo.
- Anillo de fibras conectivas fibrosas: se produce con el paso del proyectil cuando se cierran las mallas de tejido conectivo fibroso.

Signo de la “T” invertida de Piedelievre, Balan y Etienne Martin (1931): Signo de la hemorragia subdérmica por tironeamiento en el orificio de entrada, mostrando en el orificio de entrada características que reproducen de forma

esquemática una letra “T” cuya rama horizontal es hipodérmica y la vertical sigue el trayecto del proyectil:

- Una espesa hemorragia en napa en el tejido adiposo de la capa hipodérmica y a nivel del plexo vascular peri glandular.
  - Hemorragia pequeña en la zona papilar.
  - Focos hemorrágicos intradérmicos alrededor de las glándulas sebáceas y de los bulbos pilosos.
2. Signo de la Basofilia de Krauland (1938): Fue descrita en el orificio de entrada y fue interpretada como resultado de la acción calórica del proyectil o de la combustión de pólvora.
  3. Signo de las pequeñas fibras de ropa de Dietz (1967): Descritos como pequeños hilos de los tejidos que cubren la superficie corporal donde se asentó el disparo, pueden ser hallados en los primeros tramos del orificio de entrada. Confirmando los hallazgos de Vera Sarraute (1931).
  4. Signo de las micro partículas de pólvora Bonnet: Consistente en la presencia de pequeños gránulos de pólvora son arrastrados por el proyectil al salir del arma y se depositan en el orificio de entrada en forma de tatuaje.

La primera sistematización fue realizada por Adelson (1963 y 1974) al estudiar las patentes histológicas según la distancia. Dividía los hallazgos observados en disparos de contacto, corta distancia y larga distancia. El estudio contempla

tres temas: los cambios epidérmicos, los cambios colágenos (dérmicos) y los residuos de pólvora.

Francisco (1980) expone que el objetivo del estudio histopatológico de lesiones por proyectil de arma de fuego debe centrarse en tratar de determinar dos premisas:

- Confirmar o descartar que la lesión es orificio de entrada.
- Establecer la distancia del disparo.

Por lo anteriormente expuesto se puede constatar que existen estudios que refieren las características histológicas sobre los orificios de entrada y su trayecto, pero no así sobre las lesiones que se generan sobre el tejido que rodea el trayecto que se generó por el proyectil disparado por el arma de fuego.

## **ACTUALIDAD EN EL MANEJO DE LAS HERIDAS OCASIONADAS POR PROYECTIL DISPARADO POR ARMA DE FUEGO**

Algunos autores consideran que las heridas ocasionadas por proyectiles de arma de fuego son debidas a un triple mecanismo: un efecto contuso, un efecto explosivo y un efecto perforante, dejando impreso caracteres particulares en la superficie cutánea a causa del impacto, la quemadura, las partículas de pólvora y los gases producto de la combustión.

En las lesiones por arma de fuego se debe tener en cuenta la energía cinética liberada por los proyectiles, dado que ésta puede llegar a producir lesiones más severas que incluso el trauma directo, sobre todo en estructuras nerviosas o ligamentosas

### **Clasificación clínica de las heridas de armas de fuego**

La clasificación clínica de las heridas producidas por proyectiles de armas de fuego está diseñada en base a su velocidad inicial, sin embargo, sobrestima la velocidad como el factor más importante en el PL y resta importancia a los otros factores como el PP o coeficiente balístico y a la fragmentación del proyectil. Sin embargo, esta clasificación es muy útil para el abordaje, la clasificación y triage de los pacientes, sin embargo, no se recomienda su empleo con fines pronósticos. En general se clasifican en tres tipos<sup>1,18,19,20,21</sup>

1. proyectiles de baja velocidad: Con velocidades por debajo de 330 m/s, no forman cavidad temporal más allá del diámetro de su propio calibre generalmente son producidas por:

a) Armas punzocortantes o contundentes, aceleradas por la fuerza muscular del hombre (por ejemplo un ataque con cuchillo).

b) La mayoría de los proyectiles de armas de fuego de mano como pistolas automáticas, semiautomáticas y revólveres de calibres 0.22" y 0.25".

c) proyectiles secundarios. Las heridas que producen generalmente siguen el trayecto y la forma del objeto agresor, lesionando sólo los tejidos que involucran la cavidad permanente.

2. proyectiles de media velocidad Velocidades entre 330 y 600 m/s, son producidas por armas cortas como pistolas semiautomáticas, automáticas y pistolas ametralladoras como la Uzi Israelí o la MP-5 de patente alemana, que utilizan cartuchos calibre 9 mm Parabellum. Estas últimas producen lesiones más destructivas que las pistolas, más que por su potencial de lesión, por su gran volumen de fuego. Debido a su poco peso y alta efectividad a distancias cortas entre 10 y 25 metros; las lesiones que producen siguen el trayecto de la cavidad permanente, con formación de mínima cavidad secundaria equivalente a 1 a 2 veces su diámetro transversal cuando se utilizan cartuchos FMJ; en cambio, el uso de cartuchos parcialmente cubiertos, aumenta notablemente su PP.

3. proyectiles de alta velocidad. Velocidades por arriba de 600 m/s, involucran todos los fusiles automáticos y semiautomáticos de guerra, como el M-16 y R-

15 calibre 0.225; el HK G3 y el AK-47 calibre 7.62 mm NATO, y todas las armas para cacería mayor. También se pueden incluir en esta categoría las armas de fuego de proyectiles múltiples como las escopetas, cuando son disparadas a corta distancia.

4. Armas de fuego de proyectiles múltiples. Dentro de esta categoría encontramos las escopetas, que son armas de fuego portátiles de uso manual, con cañón de ánima lisa, aunque actualmente se fabrican con ánima rayada, y que disparan cartuchos con múltiples perdigones de plomo. Su calibre está dado en términos de "Gauge" (calibre); que toma como base el peso de una libra de plomo dividida en partes iguales y cada parte (perdigones) da la medida del diámetro del cañón, es decir, una escopeta calibre 12 quiere decir que un perdigón pesa 1/12 de libra. En resumen, el calibre de las escopetas está dado por el peso de la munición, así pues, los calibres más comunes son del 4, 8 y 10 de uso exclusivo para las fuerzas armadas; 12, 14, 20, 24, 28 y 32 permitidos para deportistas, comuneros y trabajadores del campo a excepción de aquéllas con cañones inferiores a 63.5 cm. Existen cartuchos que en lugar de tener municiones tienen una bala llamada "slug"; los cartuchos que tienen perdigones o postas de dos cerros, son de uso exclusivo de las fuerzas armadas. La característica más importante de este tipo de armamento es el llamado Patrón de dispersión que se refiere a la concentración de perdigones sobre la superficie del objetivo y está en función de la distancia del cañón al blanco. A mayor distancia, mayor patrón de dispersión. A distancias menores de 9 metros provocan lesiones graves debido a la poca dispersión de los

proyectiles, lo que hace que un gran número de perdigones estén concentrados en algunos centímetros de superficie, por lo que deben considerarse como de alta velocidad para un mejor abordaje terapéutico. Las escopetas “recortadas” son aquellas con cañones de longitud inferior a 45 cm de largo (aunque en las leyes mexicanas, se considera menor de 63.5 cm) haciendo este tipo de armas más portátiles, fáciles de ocultar y con un patrón de dispersión mayor a menores distancias.

En el contexto clínico se han realizado diversos estudios que refieren la dificultad en la valoración, manejo y tratamiento de las heridas ocasionadas por proyectiles disparados por armas de fuego y así mismo de las complicaciones que se generan posterior al tratamiento condicionando una morbi – mortalidad muy elevada, de la cual citaremos algunos ejemplos de ellos.

1.- En el Hospital de Iztapalapa se han concentrado desde los últimos años los lesionados de este punto tan conflictivo de la ciudad de México. Generalmente las lesiones por proyectil de arma de fuego requieren un tratamiento quirúrgico inmediato y agresivo, en la mayoría de las veces estas lesiones ponen en peligro la vida del paciente, el cirujano de trauma bajo estas circunstancias opta por realizar una laparotomía exploradora, ya que desconoce el sitio exacto de las lesiones, de forma secundaria a la intervención quirúrgica se ocasionan fístulas posoperatoria del tubo digestivo y que continúan siendo de difícil tratamiento médico-quirúrgico, y confiriendo complicaciones que son difíciles de manejar, por otro lado el desarrollo de las fístulas entero cutáneas trae aparejado un sin número de connotaciones en el paciente desde un impacto

emocional, que significa salida de líquido por la piel hasta alteraciones metabólicas, en el medio (importancia por aliviarlo) en el medio hospitalario (movilización de recursos) y en el medio familiar. De todos los pacientes post operados de cavidad abdominal el 0.5 a 2% presentan fístulas entero cutáneas. En épocas pasadas se acompañaba de una mortalidad hasta de 54% y en las últimas décadas ha disminuido considerablemente y varía de 21.3 a 6.3%<sup>2</sup>.

2.- Las heridas penetrantes por armas de fuego en el sistema nervioso central representan para el neurocirujano un verdadero reto, no solo por el manejo dificultoso, sino también por su elevada morbimortalidad y porque sus secuelas generan altos costos, tanto de tratamiento como de indemnización en muchos casos así como de prestaciones sociales, por otro lado, el aumento en la atención médica de pacientes con lesiones por proyectil de arma de fuego (PAF) en muchos hospitales del país conlleva un aumento en la frecuencia de lesiones vasculares, una de las principales causas de muerte, así como de pérdida de las extremidades. La poca experiencia de los médicos para la valoración de lesiones por PAF aumenta la posibilidad de no llevar a cabo un diagnóstico precoz de lesión vascular y una parte muy importante es que el pronóstico está relacionado con el diagnóstico y reparación vascular precoz, por lo que es esencial un alto índice de sospecha clínica, asociada a un cuidadoso examen físico.<sup>9,6,11</sup>

3.- Las lesiones del miembro superior corresponden al 20% de todas las heridas por armas de fuego en el cuerpo y comprometen significativamente el segmento proximal del húmero donde, en particular, la articulación del hombro es la más

afectada. Otro aspecto de gran relevancia a tratar es la infección de los tejidos blandos y la osteomielitis; hoy en día constituye el riesgo más importante al cual debemos enfrentarnos ya que la contaminación generada es de alta complejidad y el tratamiento puede requerir múltiples lavados, antibióticos de amplio espectro hasta llegar a ser más radicales con la resección ósea; se prestar particular atención a las que presentan compromiso peri-articular, las cuales comprometen la integridad de los ligamentos o músculos y que generan retracciones, rigidez o inestabilidad conllevando a un compromiso funcional global de la extremidad. Es importante tener en cuenta los cuerpos extraños metálicos intra-articulares, producto de los proyectiles, ya que pueden ocasionar artritis séptica, lesiones condrales severas o intoxicación por plomo.

## MATERIAL Y METODOS

### 5.1 Materiales

En las siguientes páginas se realiza una descripción detallada de cada una de los materiales empleados así como de las Instalaciones Institucionales que nos brindaron su apoyo para el buen desarrollo de nuestro protocolo de estudio.

- 1.-Instalaciones del Servicio Médico Forense de Naucalpan de Juárez, Estado de México.
- 2.-Instalaciones del Servicio de Patología del Hospital General de México.
- 3.-Lista de materiales empleados durante el desarrollo del protocolo de investigación.

Tejido de cadáveres	Se tomó muestra de tejidos de acuerdo a necropsias realizadas
Lentes de protección	5
Bata quirúrgica desechable	10
Cubre bocas	15
Guantes quirúrgicos	30 pares
Campos quirúrgicos desechables (paquete)	1 caja
Botas quirúrgicas desechables (paquete)	1 caja
Tropos blancos de 20x20cm.	10
Cinta métrica	1

Regla metálica de 30 centímetros	2
Lupa de 40x	1
Lámpara portátil de luz blanca.	1
Mango de bisturí	2
Hojas de bisturí	100
Tijeras iris curvas	5
Tijeras mayo rectas	5
Tijeras mayo curvas	1
Separadores farabeu	2
Estilete	5
Pinzas de disección con dientes	1
Pinzas de disección sin dientes	1
Cuchillo	3
Serrote de acero inoxidable	1
Formol al 10 %	De acuerdo a necesidades del protocolo
Paquete de hojas blancas (100)	2
Bolígrafos de tinta negra	5
Lápiz	10
Plumones de tinta indeleble	5
Carpeta	2
Computadora portátil Toshiba Satellite	1
Cámara fotográfica Panasonic DMC-FS3 Lumix	1
Microscopio de luz convencional	1

## 5.2 Método

Se realizó un estudio con las siguientes características metodológicas:

1. Es un estudio del área biomédica
2. Diseño de tipo observacional: de tipo descriptivo, transversal y prospectivo

### **a) Universo de estudio**

- a) Cadáveres del sexo masculino y femenino, de cualquier edad, que tenga heridas ocasionadas por proyectil disparado por arma de fuego.

### **b) Criterios de inclusión**

- a) Cadáveres que tengan heridas ocasionadas por proyectiles disparados por arma de fuego, de cualquier sexo y edad.
- b) Cadáveres que tengan heridas ocasionadas por proyectil disparado por armas de fuego con un intervalo post mortem no mayor a doce hrs.

### **c) Criterios de no inclusión**

- a) Cadáveres que se encuentren en periodo de putrefacción.

#### **d) Estrategia para la recolección de datos**

Una vez iniciado el protocolo de investigación se realizaron una serie de acotaciones que nos permitieron el desarrollo más adecuado de nuestro procedimiento metodológico en la recolección de datos.

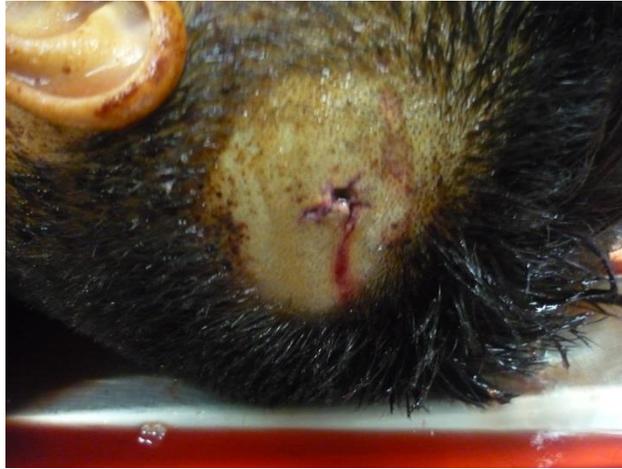
Los procedimientos, observaciones y recolección de datos serán de tipo directo y realizados por el investigador principal.

1. Se obtendrán las muestras de estudio de cadáveres del servicio Médico Forense de Naucalpan de Juárez, Estado de México.

El protocolo de necropsia se inicia una vez que ha sido solicitado por la autoridad ministerial, la cual solicita la intervención pericial del área médica para determinar la causa de muerte en un sujeto con heridas ocasionadas por proyectil (s) disparados por arma de fuego y en donde es muy importante realizar la descripción de las lesiones ocasionadas en el sujeto.



**Fig 1. Orificio de entrada en región temporal derecha.**



**Fig 2. Orificio de salida en región temporal izquierda.**

2. Se fijaran fotográficamente los orificios de entrada de las heridas ocasionadas por proyectil disparado por arma de fuego.

Parte fundamental en el desarrollo de nuestro protocolo es la fijación de fotográfica de las heridas ocasionadas por los proyectiles disparados por arma de fuego ya que a partir de ellas podemos establecer el plano de incidencia del proyectil al contundir la superficie corporal lesionada así como establecer la dirección del disparo.



**Fig 3. Orificio de entrada en la región infra clavicular derecha.**

3. Se observaran los planos anatómicos involucrados en el trayecto generado por el proyectil disparado por arma de fuego.

Para establecer el trayecto seguido por el proyectil es necesario realizar una disección anatómica por planos lo que nos permitirá definir la longitud del trayecto, los planos involucrados y finalmente observar las estructuras anatómicas lesionadas a su paso.



**Fig.4** Orificio de entrada en región temporal derecha



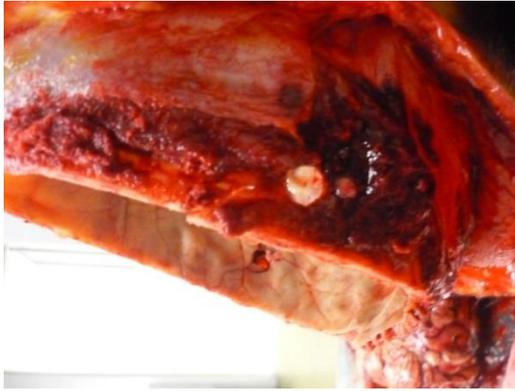
**Fig.5** Incisión intermastoidea para exposición de músculos temporales y cráneo (derecha).



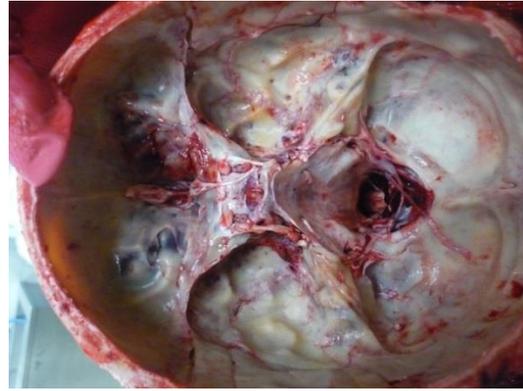
**Fig.6** Incisión intermastoidea para exposición de músculos temporales y cráneo (izquierda).



**Fig.7** Apertura de cráneo con exposición e incisión de la meninge (dura madre).



**Fig.8 Proyección lateral del orificio de entrada y salida en cráneo.**



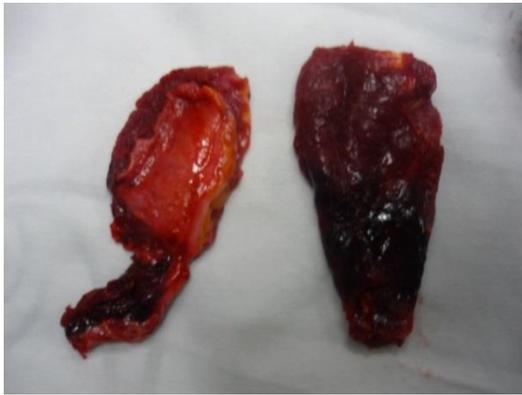
**Fig.9 Base de cráneo con fractura de piso medio con irradiación a piso anterior.**



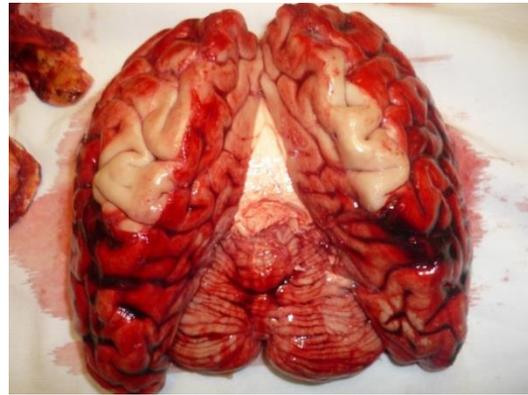
**Fig. 10 Colocación de guía para evidenciar trayecto: derecha a izquierda, adelante hacia atrás y en un plano horizontal.**

4. Se realizara la descripción macroscópica de los tejidos que rodean el trayecto generado por el proyectil disparado por arma de fuego.

Una vez seleccionado el tejido que será nuestra muestra representativa se realizara la descripción macroscópica de la lesión generada; ya sea en órgano, o fragmento de tejido, haciendo hincapié en los cambios observados ante dicha lesión.



**Fig.11** Músculos de ambas regiones temporales congestivos y hemorrágicos.



**Fig.12** Cerebro y cerebelo congestivos, con hemorragia subaracnoidea de predominio bitemporal.

5. Una vez realizada la necropsia, se obtendrán tejidos de forma radial al trayecto en un diámetro de 10 a 12 cm aproximadamente del tejido lesionado y serán colocadas en solución fijadora de formol al 10 %.

Una vez realizado la descripción macroscópica de las muestras de tejidos obtenidas se colocaron en solución fijadora de formol al 10%, procedimiento que es necesario para detener evitar la desnaturalización de las proteínas, y que será indispensable realizar pues es la fase primordial en el desarrollo de nuestro protocolo, para poder establecer la descripción histológica para delimitar con mayor precisión el daño generado por la lesión en los tejidos que se encuentran involucrados.



**Fig.13** Recipiente de cristal con tejido en fijación con solución de formol al 10 %.

6. Las muestras de tejidos obtenidos serán trasladadas al servicio de Patología del Hospital General de México para su completa descripción y procesamiento de los tejidos.

Una vez colocados los tejidos en solución de formol al 10% se realizó el traslado de las muestras al servicio de Patología del Hospital General de México para realizar revisión y complementar la descripción de las muestras e iniciar con los cortes necesarios para iniciar con el procesamiento final de las muestras.

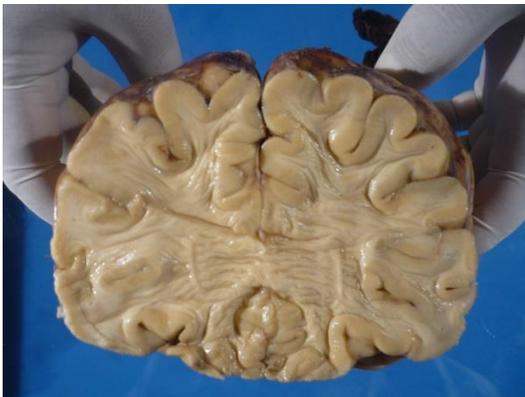


Fig 14. Corte coronal de cerebro que muestra edema generalizado y aplanamiento de las circunvoluciones.



7. Se realizara procesamiento de los tejidos, que incluirán: cortes de las muestras de tejido, procesamiento histoquímico de los tejidos, inclusión en parafina, realizar cortes histológicos, realizar tinciones histológicas de rutina y especiales para la descripción microscópica y análisis de los mismos.

Una vez que los tejidos se encontraban en las condiciones necesarias de fijación en solución de formol al 10 %, se procedió a realizar cortes de los

mismos para obtener muestras de tejido y delimitar las zonas donde se observaba cambios macroscópicos, para posteriormente realizar nuevamente cortes más pequeños de tejido e incluir muestras representativas en capsulas y enviarlas a procesamiento histológico para la obtención de laminillas de tejidos donde se podrá observar los cambios histológicos generados por la energía cinética en los tejidos que circundan el trayecto generado por una herida ocasionada por un proyectil disparado por arma de fuego.

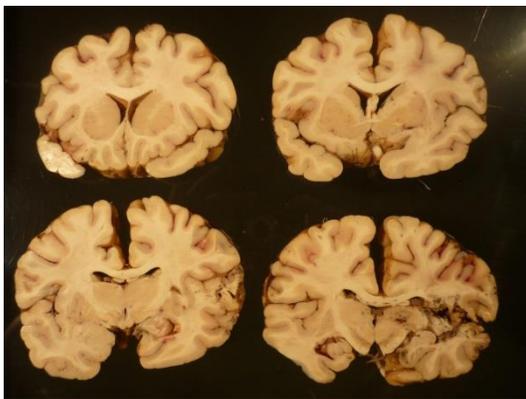


Fig 15. Cortes coronales de cerebro, con laceracion en lobulo temporal derecho y zonas hemorragicas

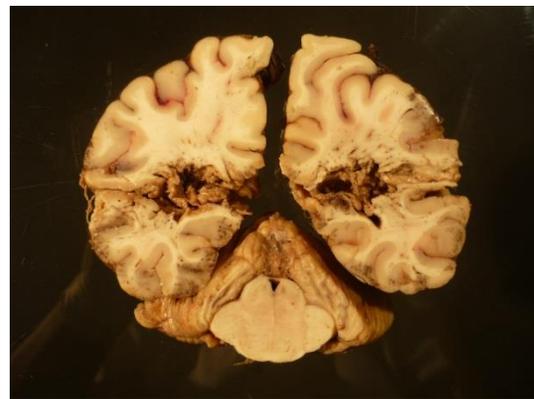


Fig 16. Corte coronal de cerebro con laceracion en ambos lobulos temporales y cueropo calloso

8. Una vez realizado el procedimiento anterior se realizaran descripción histológica de las mismas y serán anotadas en una hoja de registro.

Finalmente se una vez obtenido nuestras muestras de tejido representativo ya procesadas y montadas en laminillas, se realizara la observación microscópica de las mismas y se describirán los hallazgos histológicos de las mismas, los cuales se anotaran en una cedula de registro para cada una de las muestras de tejido estudiadas.

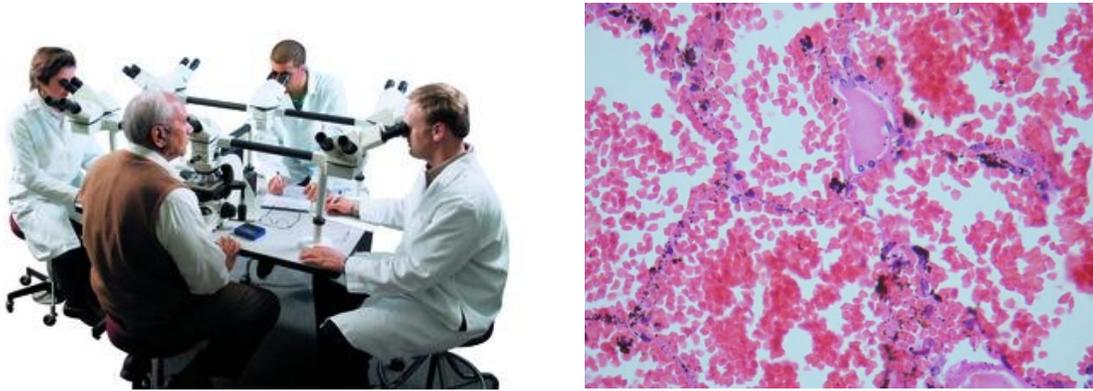


Fig.17. Análisis microscópico (izquierda) y Corte histológico de pulmón con infiltración hemorrágica alveolar difusa (derecha)

## RESULTADOS

### 6.1 Análisis de los datos

El conjunto de lesiones generadas por un proyectil disparado por arma de fuego así como todos aquellos cambios macroscópicos y microscópicos ocasionados han arrojado una serie de datos interesantes que desde el punto de vista histológico ofrecen información valiosa, y que podría ofrecer una mejor interpretación al momento de la valoración de dichas lesiones, al menos por parte de los médicos clínicos que se enfrentan ante ellas y como lo hemos comentado con anterioridad y de forma reiterada les daría una mejor perspectiva al momento de definir el abordaje terapéutico más apropiado.

En nuestro estudio no pudimos realizar un comparativo con las lesiones generadas por diferentes proyectiles ya que solo se pudieron recuperar dos de ellos, los cuales consistían en proyectiles de calibre nueve milímetros.



Fig 18. Ojiva 9 mm con camisa de cobre ligeramente deformado.

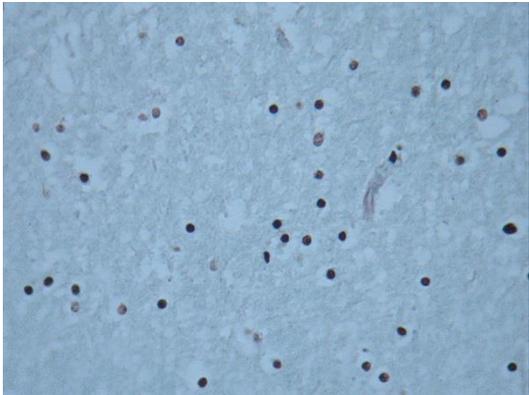
En la siguiente tabla se puede observar las muestras de tejido que han sido analizadas y descritas para efecto de nuestro protocolo de estudio.

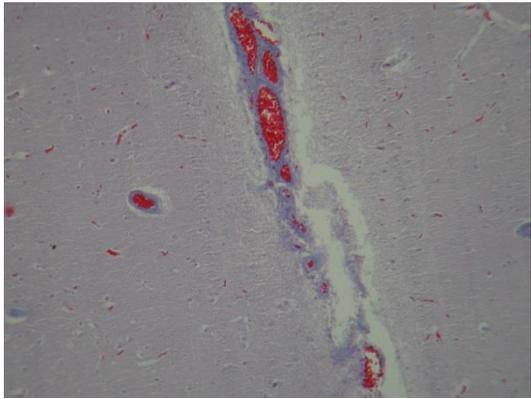
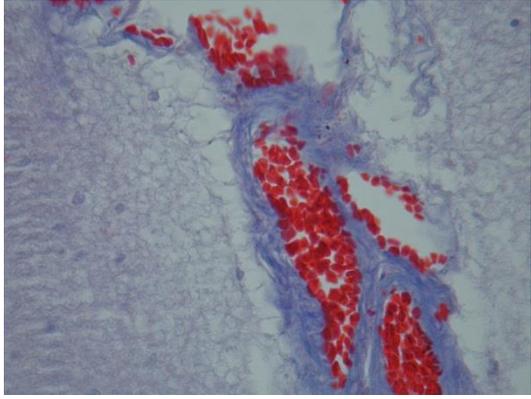
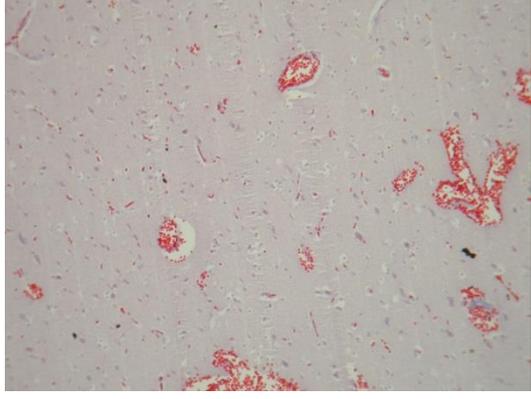
Musculo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Músculos temporales</li> <li>➤ Músculos de la pared abdominal</li> <li>➤ Musculo diafragmático</li> </ul>
Tejido adiposo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tejido adiposo de la pared abdominal</li> </ul>
Cerebro	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se han obtenido muestras de tejido de 3 cadáveres.</li> </ul>
Pulmón	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se han obtenido muestras de tejido de 2 cadáveres</li> </ul>
Corazón	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se ha obtenido muestra de tejido de 1 cadáver</li> </ul>

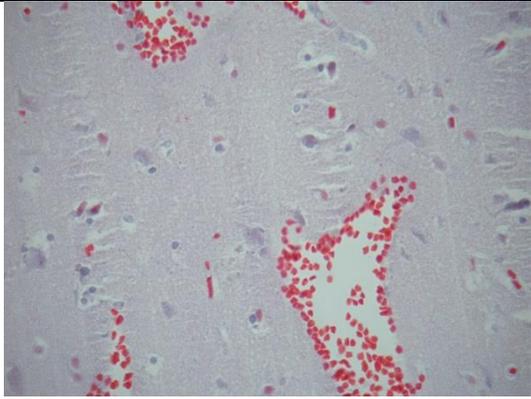
En la siguiente tabla se describen los hallazgos macroscópicos y microscópicos encontrados en cada una de las muestras de tejido analizadas.

### CEREBRO Número 1, 2 y 3

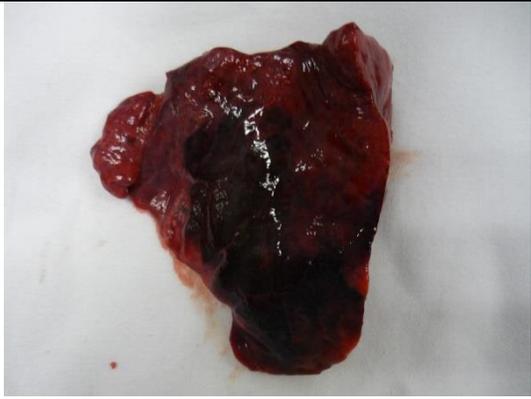
<p><b>Características macroscópicas</b></p>	<p>Hemorragia epidural</p> <p>Edema</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplanamiento de circunvoluciones</li> </ul> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Hemorragia intraventricular</p> <p>Laceración temporal</p> <p>Otras</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hernia uncal</li> </ul>	 <p>Fig 19. Cerebro # 1. Hematoma subgaleal fronto biparietal y hemorragia epidural</p>  <p>Fig. 20. Cerebro # 1. Laceración de la región temporal izquierda</p>
---	--	--

		 <p>Fig.21. Cerebro # 1. Laceración de región temporal izquierda, hemorragia subaracnoidea y edema.</p>  <p>Fig 22. Cerebro # 1. Corte coronal, puntillero hemorragico generalizado y edema</p>
<p>Características microscópicas</p>	<p>Edema</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Congestión vascular</p> <p>Ruptura capilar</p> <p>Hemorragia intraparenquimatosa</p> <p>Gliosis neuronal</p> <p>Hemorragia del espacio de</p>	

	<p>Virchow</p> <p>Isquemia aguda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de las células de Purkinje.</li> <li>• Zonas de Infartos.</li> </ul> <p>Desmielinización.</p> <p>Infiltrado linfoide.</p>	<p><b>Fig 23. Cerebro. Edema cerebral y gliosis neuronal (datos de isquemia aguda) 10 X</b></p>  <p><b>Fig 24. Cerebro. Congestion vascular y hemorragia del espacio de Virchow 10 X</b></p>  <p><b>Fig 25. Cerebro. Hemorragia del espacio de Virchow 40 X</b></p>  <p><b>Fig 26. Cerebro. Infiltrado hemorrágico, zonas petequiales 10x</b></p>
--	---	---

		 <p data-bbox="818 667 1401 699">Fig 27. Cerebro. Infiltrado hemorrágico, zonas petequiales 40x</p>
--	--	---

## PULMON

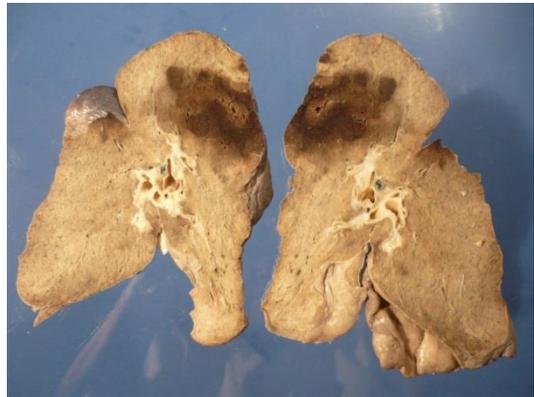
<p data-bbox="235 955 418 1050"><b>Características macroscópicas</b></p>	<p data-bbox="444 1035 659 1066">Hemorragia pulmonar</p> <p data-bbox="444 1266 516 1297">Edema</p> <p data-bbox="444 1497 623 1528">Colapso pulmonar</p>	 <p data-bbox="824 1396 1398 1428">Fig 28. Pulmon izq. # 1 . Zona hemorrágica, en lóbulo inferior</p>
--	---	--



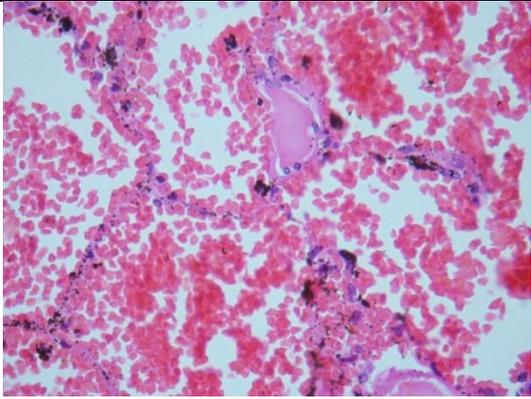
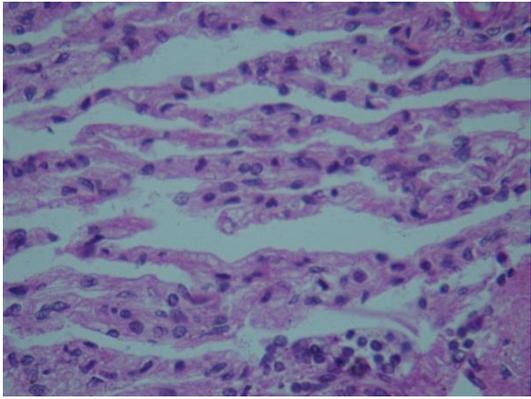
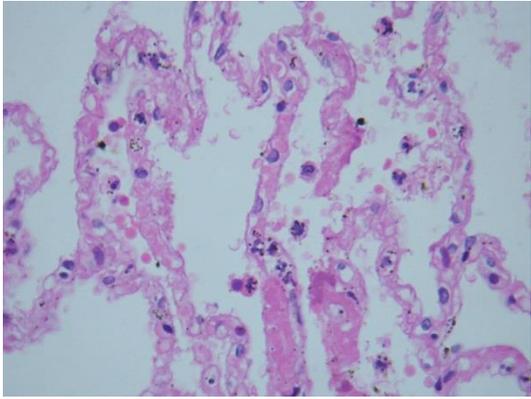
**Fig 28. Pulmón izq. # 1. Zona hemorrágica, en lóbulo inferior, en fijación con formol.**



**Fig 29. Pulmón der. # 2. Zona hemorrágica, en lóbulo superior**



**Fig 30. Pulmón der. Corte de Pulmón, zona hemorrágica de lóbulo superior**

<p><b>Características microscópicas</b></p>	<p>Edema</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Congestión vascular</p> <p>Ruptura capilar</p> <p>Ruptura alveolar</p>	 <p><b>Fig.31. Pulmón der. # 2. Ruptura alveolar, congestión vascular e infiltrado hemorrágico.</b></p>  <p><b>Fig 32. Pulmón izq. # 1. Colapso alveolar, edema 10 X</b></p>  <p><b>Fig 33. Pulmón izq. # 1. Colapso alveolar, edema 10 X</b></p>
---	--	--

## CORAZON

<p><b>Características macroscópicas</b></p>	<p>Hemorragia</p> <p>Edema</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Otras</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ruptura de músculos papilares</li><li>➤ Lesión de septum interventricular</li></ul>	 <p>Fig 34. Corazón, laceración de la cara anterior del ventrículo derecho</p>  <p>Fig 35. Corazón, laceración de la cara posterior de ventrículo izquierdo y derecho</p>
---	---	---



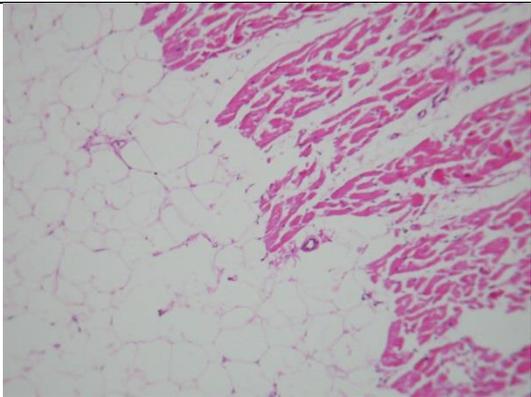
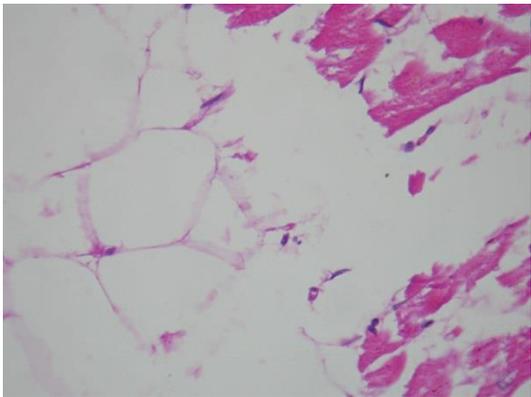
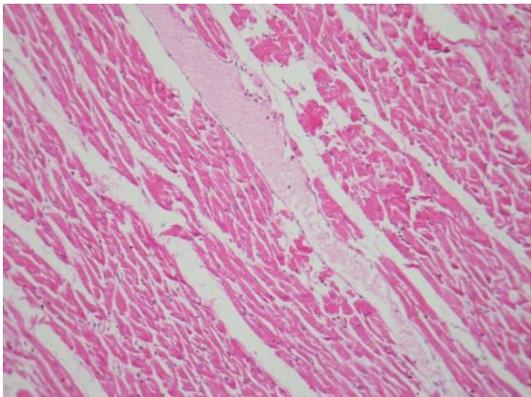
**Fig 36. Laceración en cara anterior de ventrículo derecho**

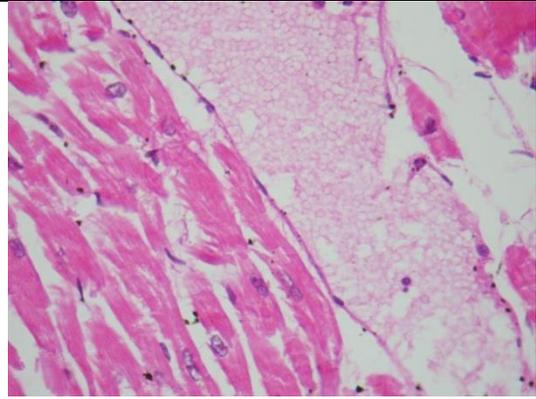


**Fig 37. Laceración en cara posterior de ventrículo izquierdo**

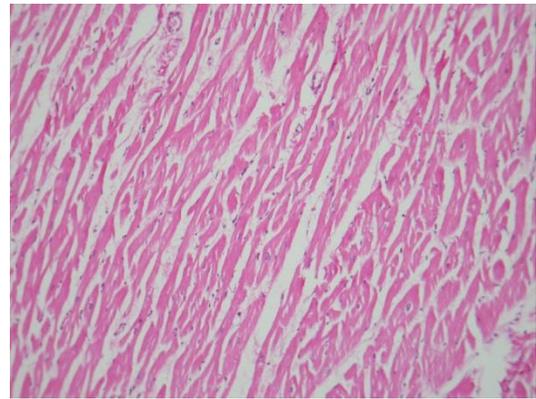


**Fig 38. Corte de corazón en anterior y posterior con ruptura de septum interventricular y músculos papilares**

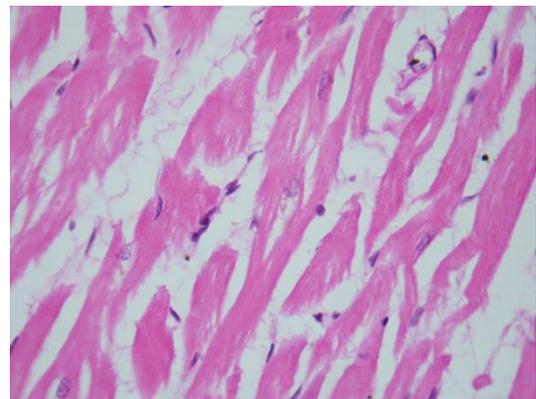
<p><b>Características microscópicas</b></p>	<p>Edema</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Congestión vascular</p> <p>Ruptura capilar</p> <p>Desorganización de fibras musculares</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ruptura de fibras musculares</li> <li>➤ Ruptura de pared de adipocitos del epicardio.</li> </ul> <p>Otras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Infiltrado linfoide</li> <li>➤ Núcleos picnóticos</li> <li>➤ Destrucción de miocitos</li> <li>➤ Presencia de fibras elásticas</li> </ul>	 <p><b>Fig 39. Epicardio, con ruptura de pared de adipocitos, y ruptura de fibras musculares 10 X</b></p>  <p><b>Fig 40. Epicardio, con ruptura de pared de adipocitos, y ruptura de fibras musculares 40 X</b></p>  <p><b>Fig 41. Corazón. Congestión vascular y desorganización de fibras musculares 10 X.</b></p>
---	--	---



**Fig 42. Corazón. Congestión vascular y desorganización y ruptura de fibras musculares 40X.**



**Fig 43. Corazón. Edema, desorganización y ruptura de fibras musculares 10X**



**Fig 44. Corazón. Edema, desorganización y ruptura de fibras musculares 40X**

## MUSCULO

<p><b>Características macroscópicas</b></p>	<p>Edema</p> <p>Hemorragia</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p>	 <p>Fig 45. Músculos temporales con edema y hemorrágicos.</p>  <p>Fig 46. Músculos temporales con zonas hemorrágicas y fijados con formol</p>  <p>Fig 47. Musculo diafragmático y zonas hemorrágicas.</p>
---	--	--



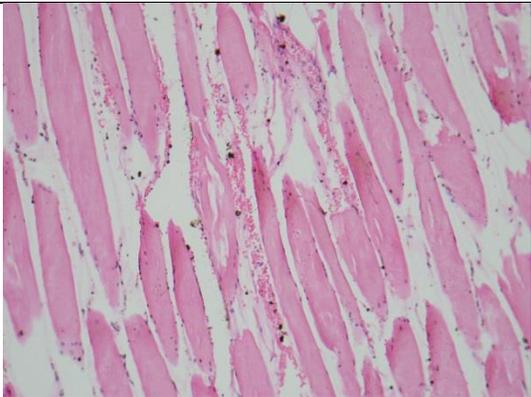
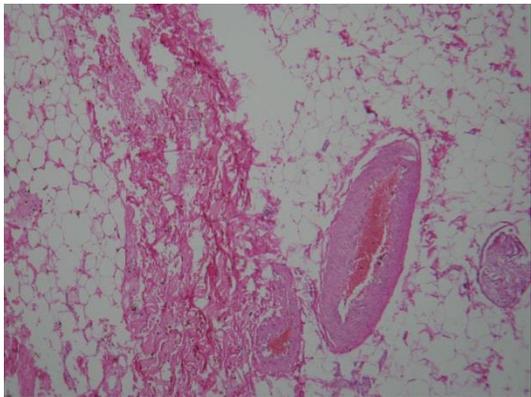
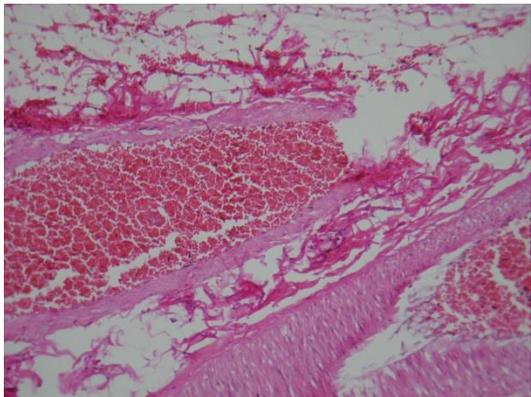
**Fig 48. Musculo diafragmático fijado con formol.**

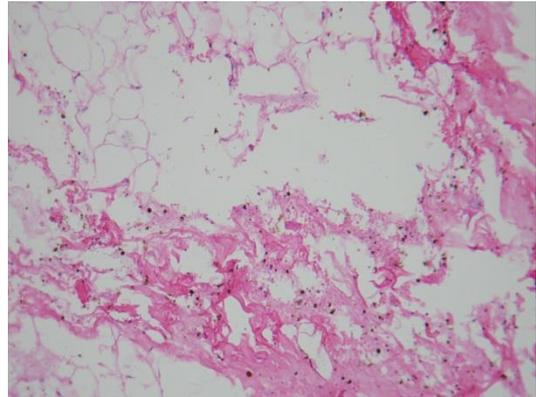


**Fig 49. Musculo de la pared abdominal, con zonas hemorrágicas.**

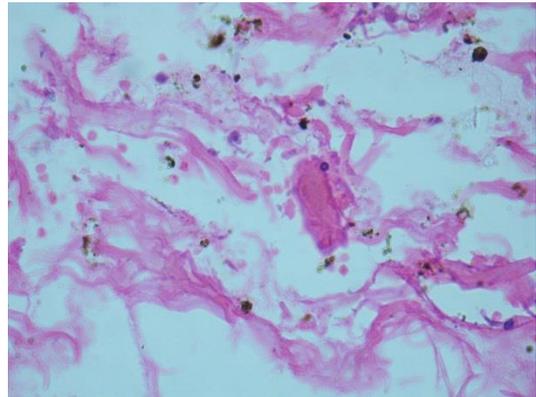


**Fig 50. Musculo de la pared abdominal, con zonas hemorrágicas y fijado con formol.**

<p><b>Características microscópicas</b></p>	<p>Edema</p> <p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Congestión vascular</p> <p>Ruptura capilar</p> <p>Desorganización de fibras musculares</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ruptura de fibras musculares</li> </ul> <p>Otras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Núcleos picnóticos</li> <li>➤ Pérdida de núcleos</li> <li>➤ Presencia de fibras elásticas</li> </ul>	 <p><b>Fig 51. Fibras musculares desorganizadas, con edema, e infiltrado hemorrágico 10X.</b></p>  <p><b>Fig 52. Congestión vascular, ruptura de pared de adipocitos, y presencia de fibras elásticas 10X</b></p>  <p><b>Fig 53. Congestión y ruptura vascular, infiltrado hemorrágico y presencia de fibras elásticas 40X.</b></p>
---	---	--



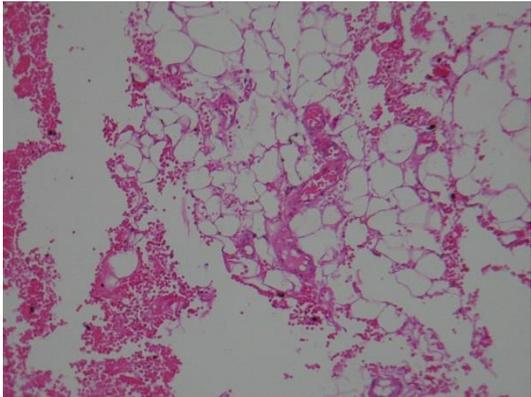
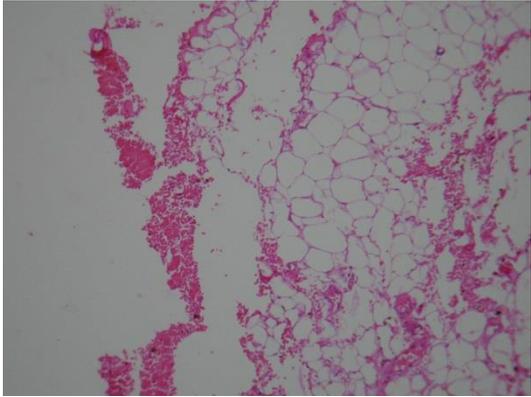
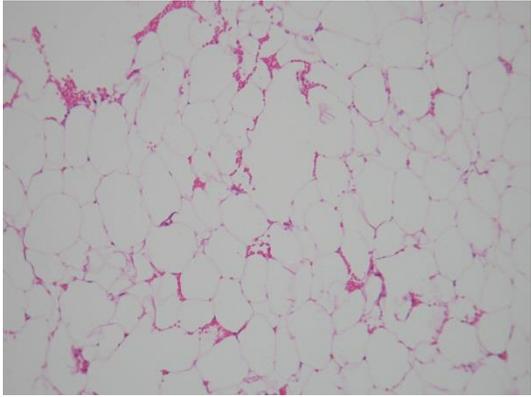
**Fig 54. Ruptura de pared de adipocitos, y presencia de fibras elásticas 10X**

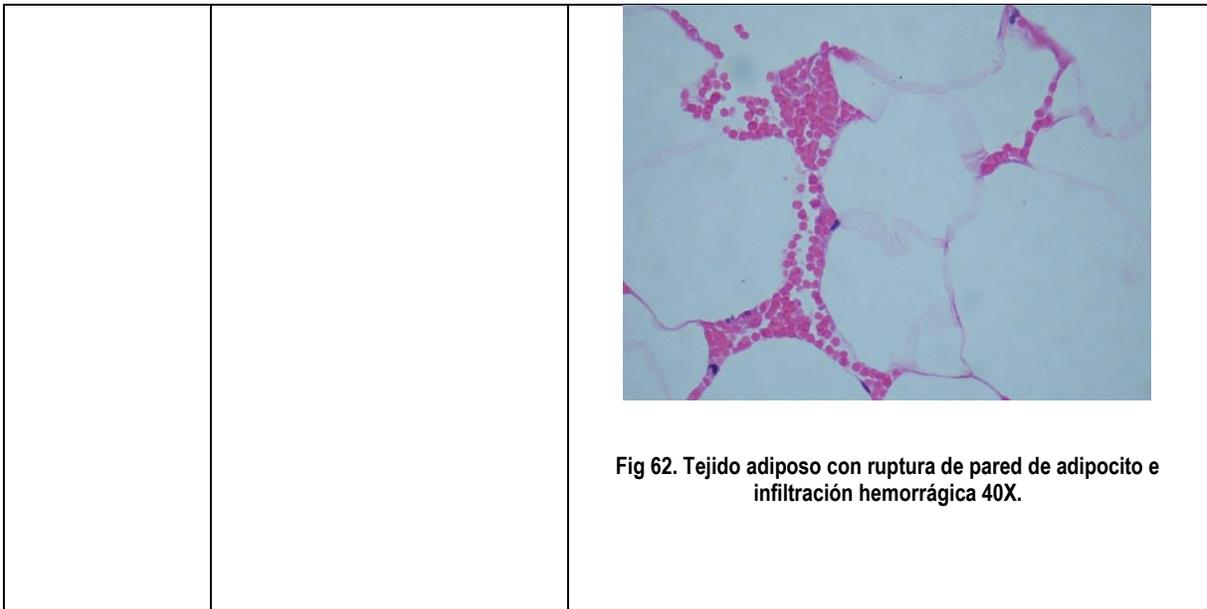


**Fig 55. Presencia de fibras elásticas y material amorfo 40X**

## TEJIDO ADIPOSO

<p>Características macroscópicas</p>	<p>Infiltrado hemorrágico</p>	 <p>Fig 56. Tejido adiposo de la pared abdominal con infiltración hemorrágica</p>  <p>Fig 57. Tejido adiposo de la pared abdominal fijado con formol.</p>  <p>Fig 58. Cortes a 1cm de tejido adiposo y muscular de la pared abdominal.</p>
--	-------------------------------	---

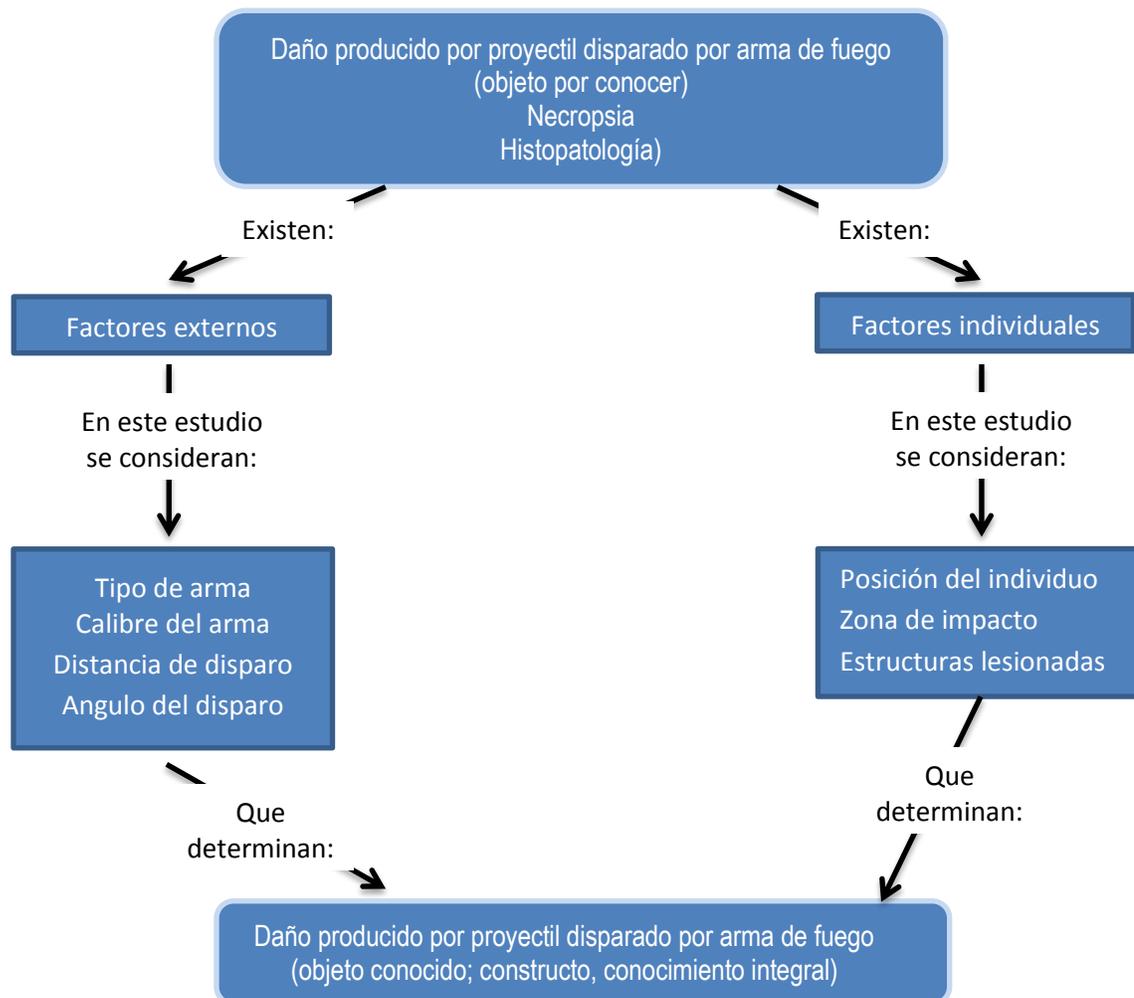
<p><b>Características microscópicas</b></p>	<p>Infiltrado hemorrágico</p> <p>Ruptura capilar</p> <p>Otras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Necrosis grasa</li> <li>➤ Ruptura de membrana de adipocitos</li> </ul>	 <p><b>Fig 59. Tejido adiposo, ruptura capilar con infiltración hemorrágica 10X</b></p>  <p><b>Fig 60. Tejido adiposo con infiltración hemorrágica 10X</b></p>  <p><b>Fig 61. Tejido adiposo con ruptura de pared de adipocito e infiltración hemorrágica 10X.</b></p>
---	--	---



Una vez realizada la descripción macroscópica y microscópica de las muestras de tejidos obtenidos y después de ser analizados se han realizado mapas conceptuales para establecer comparación entre los hallazgos de las muestras de tejido similares y así poder obtener datos que nos permitan comparar los daños observados en cada uno de ellos y determinar el impacto (daño) que ha generado la liberación de energía cinética en los tejidos que circundan el trayecto de una herida ocasionada por proyectil disparado por arma de fuego.

El siguiente mapa conceptual nos muestra las condiciones más favorables para poder obtener datos con mayor precisión y es a partir del cual realizaremos los mapas conceptuales de cada una de las muestras de tejido obtenidas y

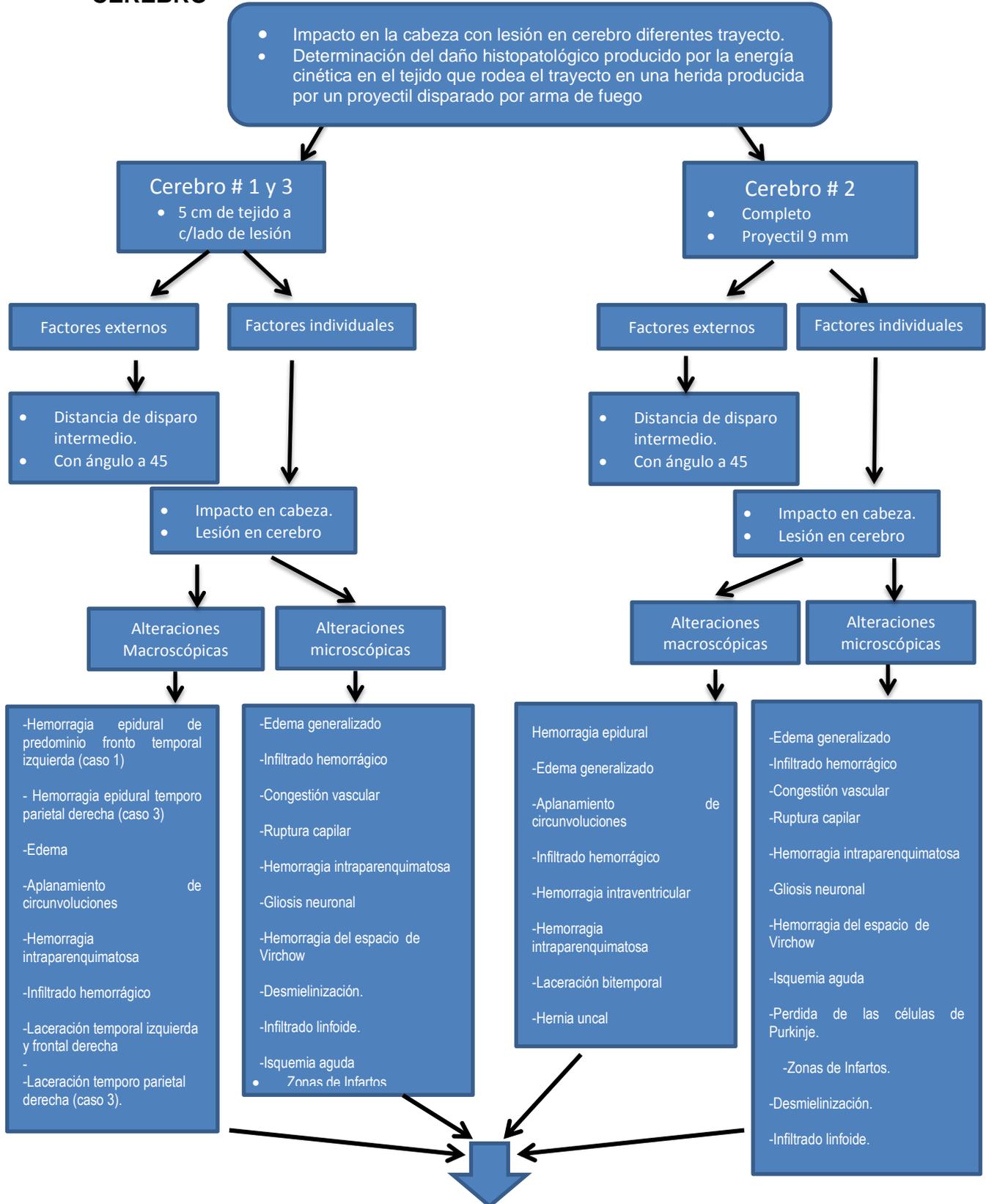
analizadas para establecer con una mejor precisión la magnitud del daño generado y probablemente el abordaje terapéutico del mismo.

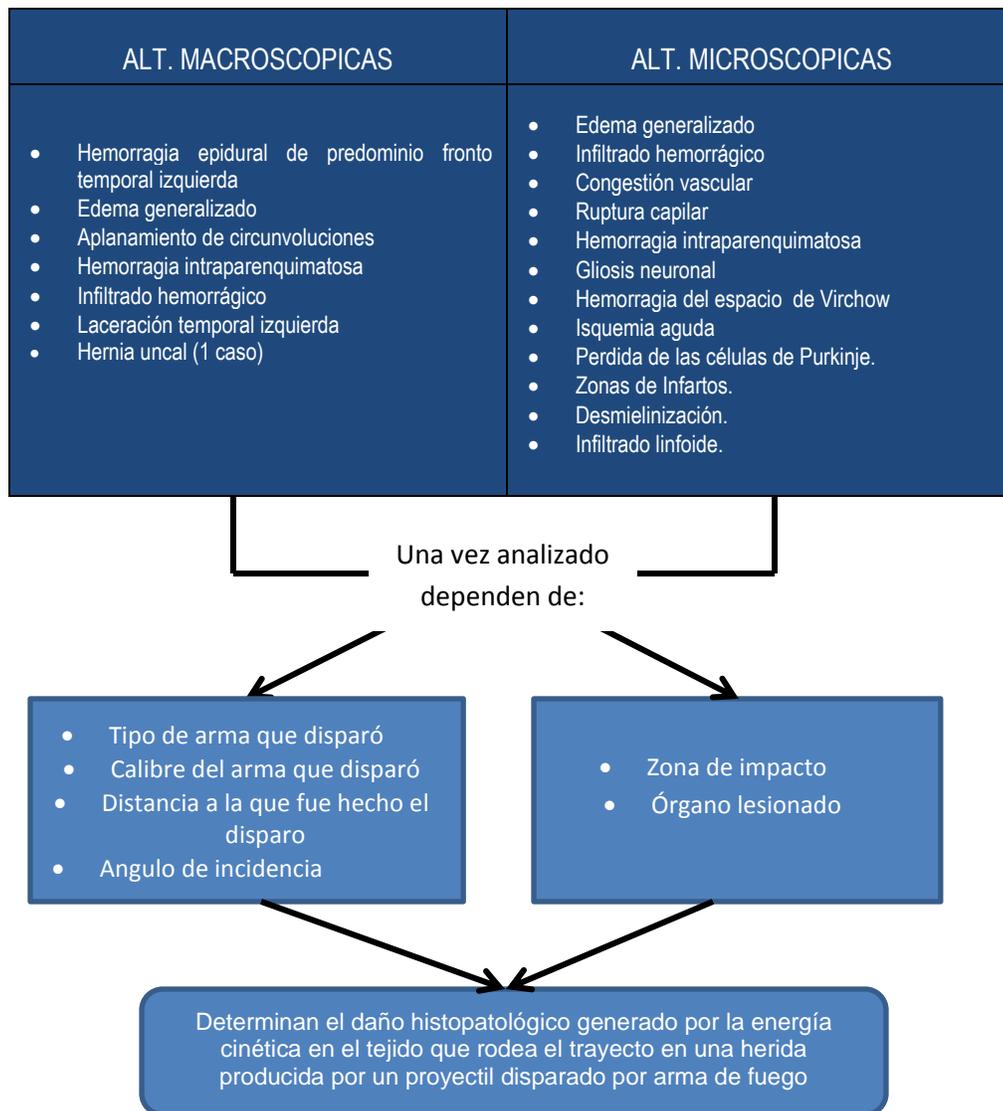


Cabe hacer mención que en las condiciones en las cuales realizaremos nuestro protocolo y bajo consideraciones particulares de cada uno de los casos no siempre sabremos el tipo de arma ni el calibre del mismo, condiciones que como se ha mencionado ofrecerían datos importante para establecer la relación

que existe entre los factores externos antes mencionados, y parte de los factores individuales como son: los hallazgos macro y microscópicos, y será a partir de estos últimos entonces que determinaremos el daño generado por la energía cinética en el tejido que circunda el trayecto generado por el proyectil disparado por arma de fuego, en cada una de las muestras de tejido obtenidos y analizadas en nuestro protocolo de estudio.

# CEREBRO



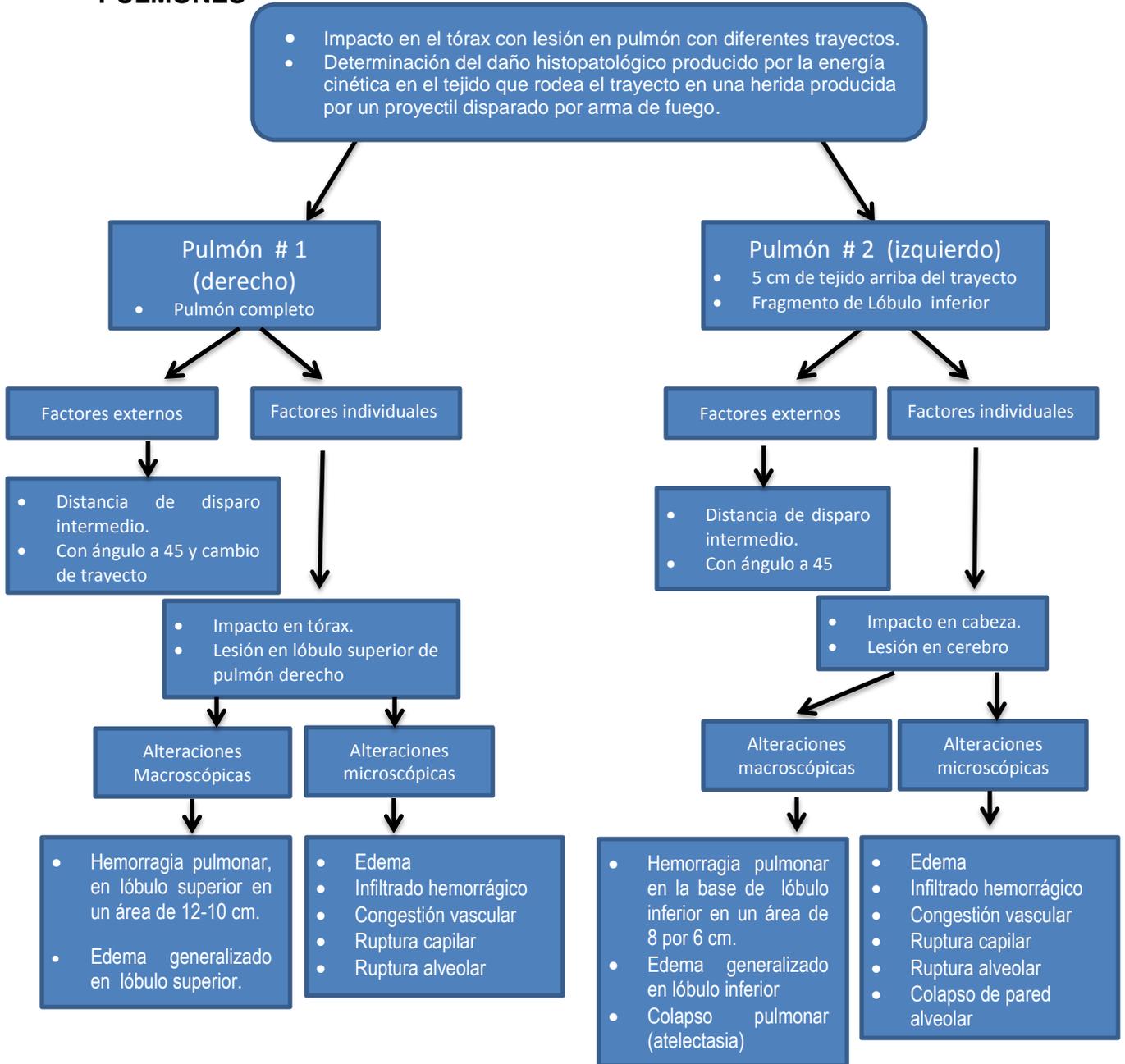


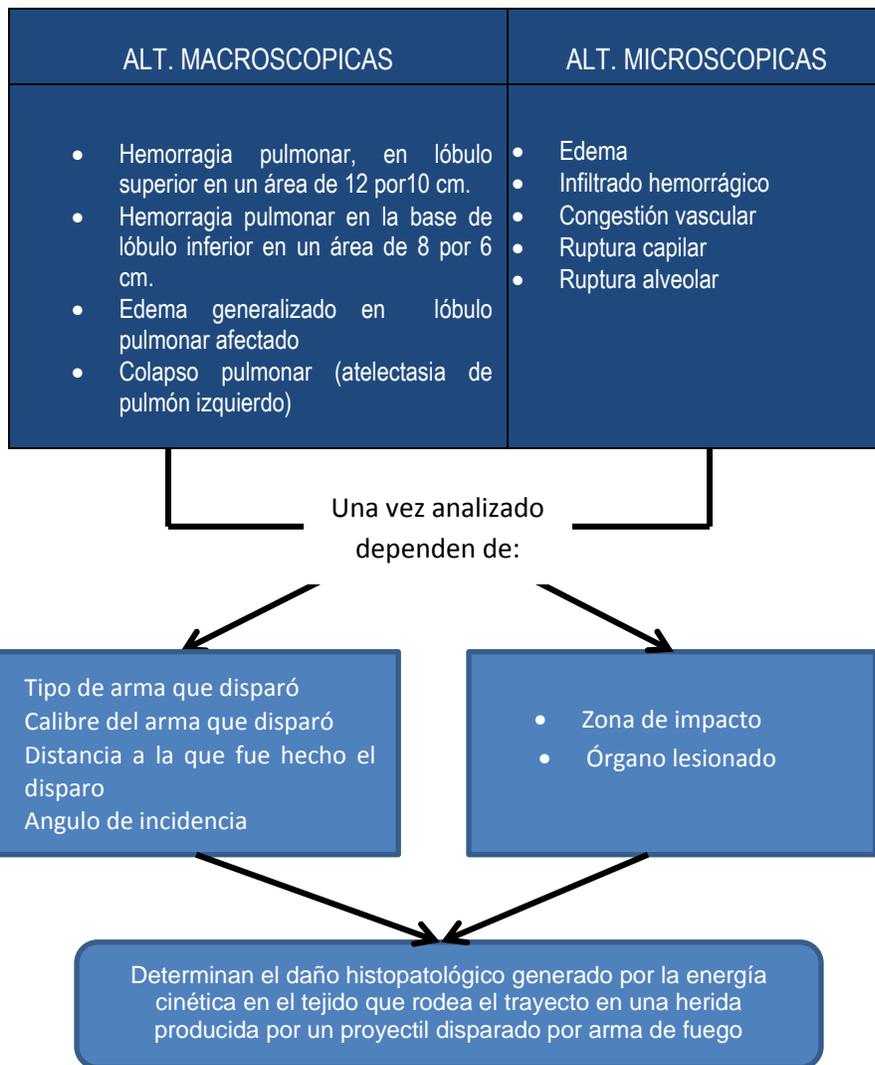
Como se puede observar en los datos mostrados en el mapa conceptual anterior y como condición general independientemente del tipo de arma o el calibre siempre se puede demostrar daño que es provocado por la interacción mecánica y violenta de la contusión generada por un proyectil disparado por un arma de fuego sobre la superficie de la extremidad cefálica, y que el constructo que parte del análisis de 3 cerebros lesionados por proyectil disparado por arma

de fuego se puede establecer la relación que existe ente factores externos e individuales que se conjuntan para establecer el daño macro y microscópico, y que para fines de nuestro protocolo también nos permite observar que los daños provocados por la energía cinética que se irradia de forma concéntrica durante el paso del proyectil sobre el parénquima cerebral provoca una serie de alteraciones morfológicas en el mismo y que se pueden evidenciar de forma macroscópica desde el momento que realizamos la extracción del cerebro en la necropsia y cuando realizamos los cortes de nuestras muestras de tejido u órganos obtenidos, así mismo una vez realizado todo el procedimiento sobre nuestras muestras de tejido representativas y posterior a análisis histológico se puede evidenciar que comparten datos histológicos de lesión celular y alteraciones microscópicas observadas como edema, congestión vascular, hemorragia intraparenquimatosa, lesión axonal difusa, gliosis neuronal difusa, infiltración linfoidea, por otro lado también resulta importante mencionar que de acuerdo a nuestra protocolo se tomarían muestras de tejido de 10-12 cm de diámetro alrededor del trayecto generado por el paso del proyectil en el parénquima del tejido lesionado para evidenciar los daños histológicos ocasionados por la energía cinética tras su análisis microscópico, por lo que se obtuvo una muestra de tejido que incluía mayor extensión del tejido para ser analizado (cerebro completo) y poder realizar un comparativo con las anteriores, en el cual se pudo demostrar que como consecuencia primaria posterior al traumatismo generado por el proyectil se provoca un edema generalizado de todo el parénquima cerebral (3 cerebros), pero también se

observó que hay mayor extensión de la lesión, y que en ese caso en particular se observó que dicho cerebro tenía una herniación uncal.

# PULMONES



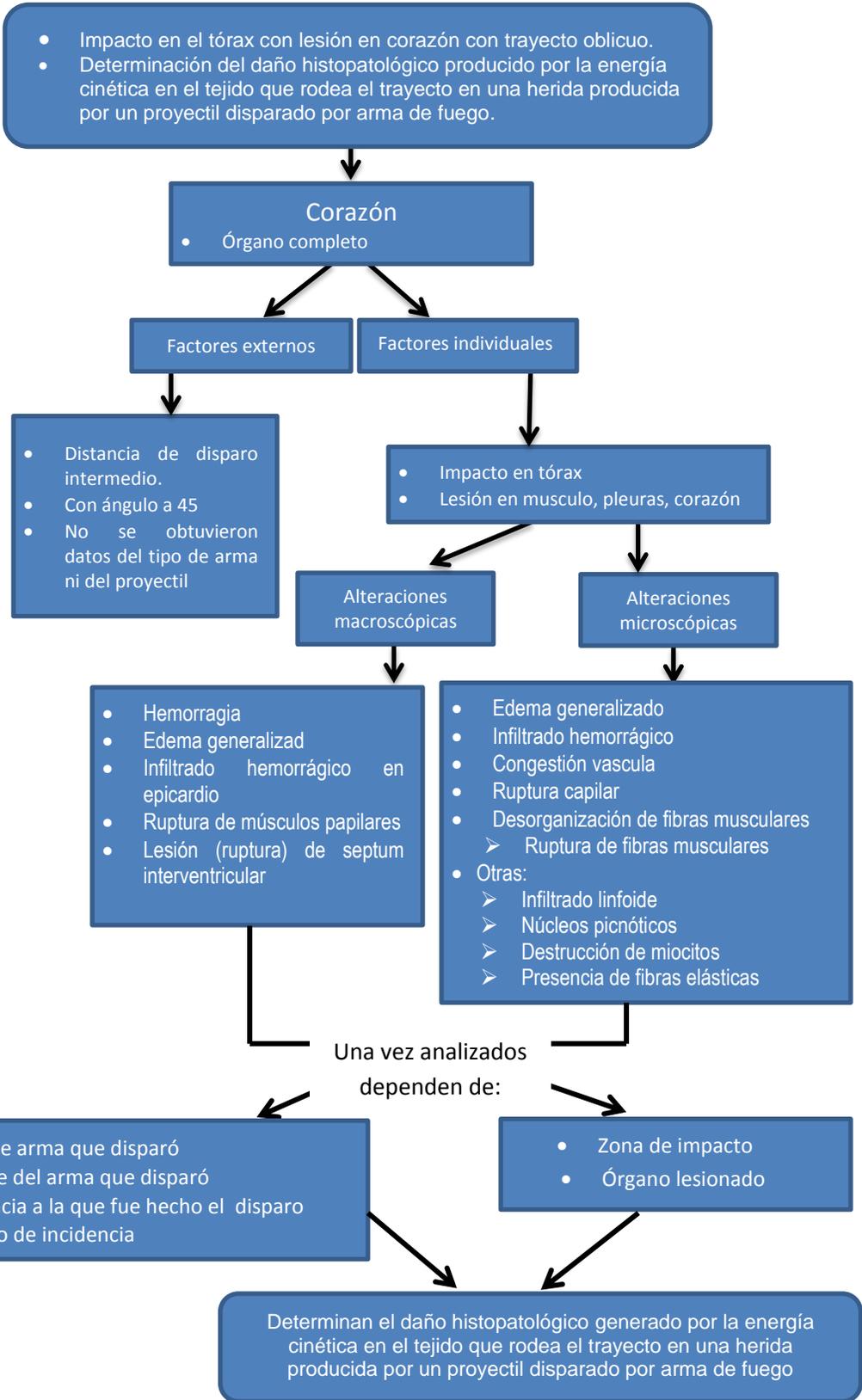


Como se puede observar en los datos mostrados en el mapa conceptual anterior y como condición general independientemente del tipo de arma o el calibre siempre se puede demostrar daño que es provocado por la interacción mecánica y violenta de la contusión generada por un proyectil disparado por un arma de fuego sobre la superficie torácica que a diferencia de la extremidad cefálica posee un grado de elasticidad mayor, lo que contribuye a que la lesión observado sobre la superficie corporal no sea tan grande, no así del daño

generado por la energía cinética que sigue se sigue irradiando de forma concéntrica a los tejidos que se encuentran periféricos al trayecto generado por la herida ocasionada por proyectil disparado por arma de fuego y que el constructo que parte del análisis de 2 muestras de tejido (pulmón derecho completo y un fragmento de lóbulo inferior de pulmón izquierdo) lesionados por proyectil disparado por arma de fuego se puede establecer la relación que existe entre factores externos e individuales que se conjuntan para establecer el daño macro y microscópico, y para fines de nuestro protocolo también nos permite observar que los daños provocados por la energía cinética que se irradia de forma concéntrica durante el paso del proyectil sobre el parénquima pulmonar provoca una serie de alteraciones morfológicas en el mismo y que se pueden evidenciar de forma macroscópica desde el momento que realizamos la extracción del bloque cardiopulmonar en la necropsia y cuando realizamos los cortes de nuestras muestras de tejido u órganos obtenidos, en las muestras obtenidas el fragmento de lóbulo inferior de pulmón izquierdo resulta una muestra representativa del daño ocasionado por la energía cinética ya que el proyectil nunca lesiono el parénquima de forma directa pues el trayecto que genero paso a 3 cm por debajo de lóbulo inferior, así mismo, una vez realizado todo el procedimiento sobre nuestras muestras de tejido representativas y posterior al análisis macro y microscópico se puede evidenciar que comparten datos de lesión como la hemorragia pulmonar, infiltración hemorrágica, edema, congestión vascular, ruptura capilar y ruptura alveolar que se encuentran en ambos parénquimas pero con un marcada diferencia ya que el pulmón derecho

si presento un impacto directo sobre el lóbulo superior del mismo, por otro lado también resulta importante mencionar que de acuerdo a nuestro protocolo se tomarían muestras de tejido de 10-12 cm de diámetro alrededor del trayecto generado por el paso del proyectil en el parénquima del tejido lesionado para evidenciar los daños histológicos ocasionados por la energía cinética tras su análisis microscópico, se obtuvo una muestra de tejido que incluía mayor extensión del tejido para ser analizado (pulmón derecho completo) y poder realizar un comparativo con las anteriores, en el cual se pudo demostrar que como consecuencia primaria posterior al traumatismo generado por el proyectil se provoca un edema generalizado del lóbulo afectado de forma directa, acompañado de hemorragia de la zona e infiltración hemorrágica difusa; mientras que el fragmento de pulmón izquierdo que no posee lesión directa el edema y la hemorragia son menores, pero se acompaña de colapso de lóbulo inferior (atelectasia).

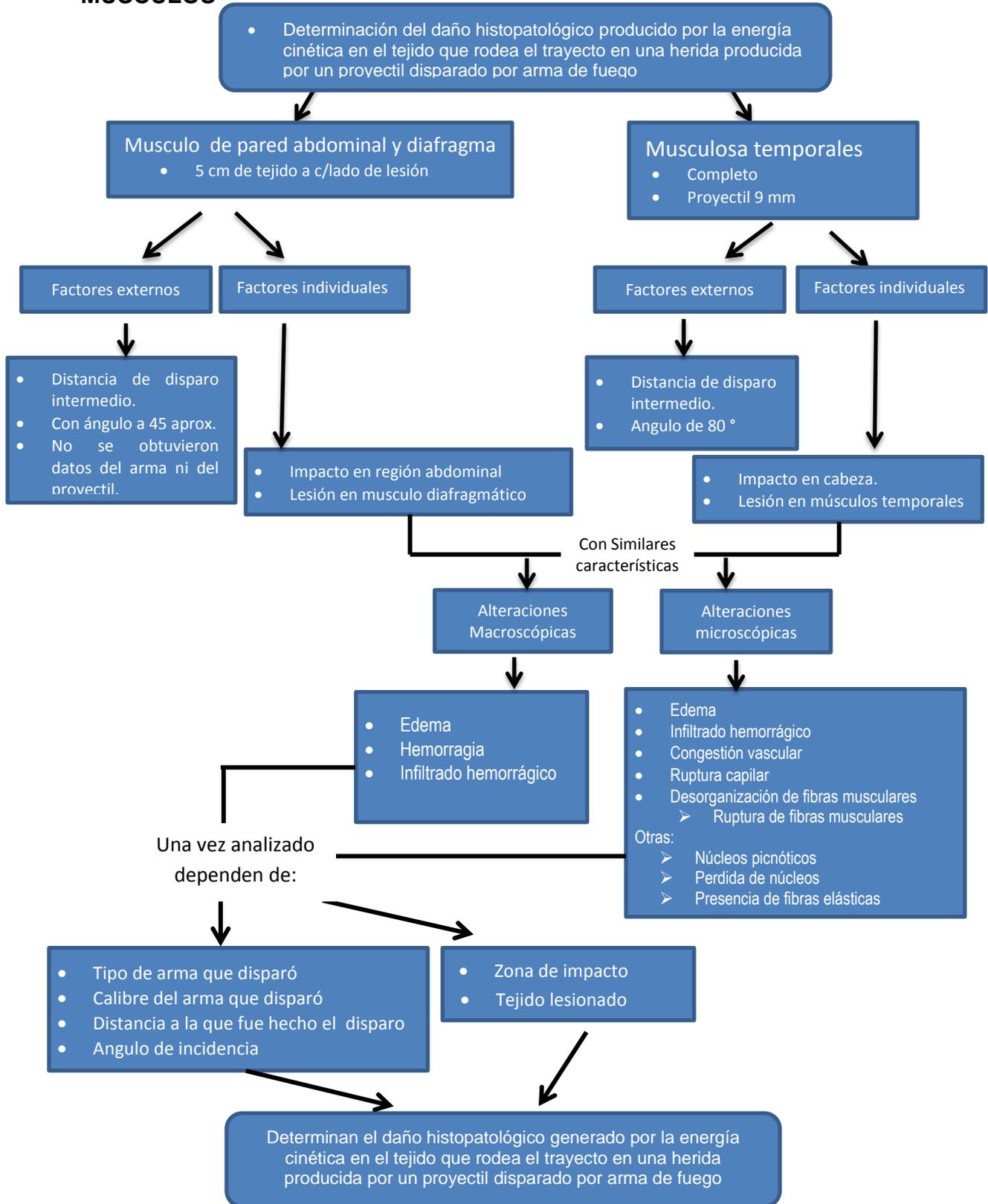
# CORAZON



Como se puede observar en los datos mostrados en el mapa conceptual anterior y como condición general independientemente del tipo de arma o el calibre siempre se puede demostrar daño que es provocado por la interacción mecánica y violenta de la contusión generada por un proyectil disparado por un arma de fuego sobre la superficie corporal (torácica), y que el constructo que parte del análisis de 1corazon con lesión bi- ventricular, ocasionada por un proyectil disparado por arma de fuego se puede establecer la relación que existe ente factores externos e individuales que se conjuntan para establecer el daño macro y microscópico, y que para fines de nuestro protocolo también nos permite observar que los daños provocados por la energía cinética que se irradia de forma concéntrica durante el paso del proyectil sobre el parénquima del órgano lesionado (corazón) provoca una serie de alteraciones morfológicas en el mismo y que se pueden evidenciar de forma macroscópica desde el momento que realizamos la extracción del corazón al disecar y abrir el saco pericárdico para evidenciar el trayecto generado por el proyectil durante el desarrollo de la necropsia y cuando realizamos los cortes de nuestras muestras de tejido u órganos obtenidos, así mismo una vez realizado todo el procedimiento sobre nuestras muestras de tejido representativas y posterior al análisis microscópico se puede evidenciar datos histológicos de lesión celular y alteraciones microscópicas como edema, congestión vascular, infiltración hemorrágica, ruptura capilar, desorganización y ruptura de fibras musculares con presencia de infiltrado linfoide, núcleos picnóticos, destrucción de miocitos, y presencia de fibras elástica; es importante mencionar que de acuerdo a

nuestro protocolo se tomarían muestras de tejido de 10-12 cm de diámetro alrededor del trayecto generado por el paso del proyectil en el parénquima del tejido lesionado para evidenciar los daños histológicos ocasionados por la energía cinética tras su análisis microscópico, (en este caso se obtuvo todo el corazón), en el cual se pudo demostrar que como consecuencia primaria posterior al traumatismo generado por el proyectil se provoca un edema generalizado, y al corte se observó ruptura de septum interventricular y de músculos papilares.

# MUSCULOS



**TEJIDO  
ADIPOSO**

- Impacto en el abdomen con lesión en piel y tejido subcutáneo, con trayecto oblicuo.
- Determinación del daño histopatológico producido por la energía cinética en el tejido que rodea el trayecto en una herida producida por un proyectil disparado por arma de fuego.

**Tejido adiposo de pared abdominal**

**Factores externos**

- Distancia de disparo intermedio.
- No se obtuvieron datos del tipo de arma ni del proyectil

**Factores individuales**

- Impacto en cara lateral izquierda de abdomen

**Alteraciones macroscópicas**

- Infiltrado hemorrágico

**Alteraciones microscópicas**

- Infiltrado hemorrágico
- Ruptura capilar
- Otras:
  - Necrosis grasa
  - Ruptura de membrana de adinocitos

Una vez analizados dependen de:

- Tipo de arma que disparó
- Calibre del arma que disparó
- Distancia a la que fue hecho el disparo
- Angulo de incidencia

- Zona de impacto
- Órgano o tejido lesionado

Determinan el daño histopatológico generado por la energía cinética en el tejido que rodea el trayecto en una herida producida por un proyectil disparado por arma de fuego

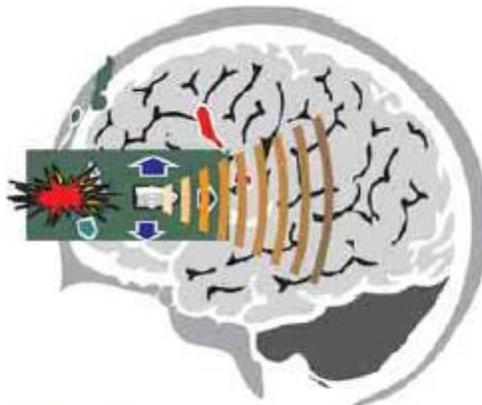
Como se puede observar en los datos mostrados en los mapas conceptuales anteriores y como condición general independientemente del tipo de arma o el calibre siempre se puede demostrar el daño que es provocado por la interacción mecánica y violenta de la contusión generada por un proyectil disparado por un arma de fuego sobre la superficie corporal, el tejido muscular posee un grado de elasticidad que no permite que la lesión sea tan grande y sumado ante esta cualidad generalmente el musculo de la pared abdominal y el tejido graso son los primeros tejidos que vence el proyectil al iniciar su trayecto, pero que aun así la energía cinética se sigue irradiando de forma concéntrica a los tejidos que se encuentran periféricos al trayecto generado por la herida ocasionada por proyectil disparado por arma de fuego y que el constructo que parte del análisis de 3 muestras de tejido muscular y 1 muestra de tejido graso (musculo y tejido adiposo de pared abdominal, musculo diafragmático, músculos temporales) que fueron lesionados por proyectil disparado por arma de fuego se puede establecer la relación que existe entre factores externos e individuales que se conjuntan para establecer el daño macro y microscópico, y para fines de nuestro protocolo también nos permite observar que los daños provocados por la energía cinética que se irradia durante el paso del proyectil sobre los tejidos provoca una serie de alteraciones morfológicas en el mismo y que se pueden evidenciar de forma macroscópica desde el momento que realizamos la necropsia y cuando realizamos los cortes de nuestras muestras de tejido. Así mismo una vez realizado todo el procedimiento sobre nuestras muestras de tejido representativas y posteriores al análisis microscópico se puede evidenciar

datos histológicos de lesión celular y alteraciones microscópicas en tejido muscular como edema, congestión vascular, infiltración hemorrágica, ruptura capilar, desorganización y ruptura de fibras musculares, núcleos picnóticos, pérdida de núcleos y presencia de fibras elástica y en tejido adiposo como: infiltrado hemorrágico, ruptura capilar, necrosis grasa, ruptura de membrana de adipocitos.

## CONSIDERACIONES Y DISCUSIÓN

Las heridas penetrantes por arma de fuego representan para el médico tratante un verdadero reto, no solo por el manejo dificultoso, sino también por su elevada morbi-mortalidad y porque sus secuelas generan altos costos, tanto de tratamiento como de indemnización y prestaciones sociales.

Las lesiones producidas por los proyectiles deben ser entendidas en términos de la interacción física entre estos y los tejidos atravesados. En la lesión primaria, definida por el daño que causa el proyectil sobre los tejidos que penetra, se han identificado experimentalmente tres tipos de presiones.



**FIGURA 1.** Esquema que representa los tipos de presión ejercidas por un proyectil a nivel encefálico. Verde: cavitación; azul: presión yuxtapuesta; café: presión longitudinal.

Presión yuxtapuesta: se trata de una onda de presión de cientos de atmosferas que rodea el misil en ángulos rectos en el frente y en los lados y que se extiende, a la velocidad inmediata del proyectil.

Presión longitudinal: es la compresión que se ejerce en forma esférica como producto del golpe del proyectil en el blanco u objeto impactado y que dependiendo del medio, se puede expandir tan lejos como la velocidad del impacto lo determine.

Energía cinética; se refiere a la onda de energía que transfiere el paso del proyectil, expandiéndose de forma radial y formando una gran cavitación; tan solo dura milisegundos en respuesta al paso del proyectil.

Patrones de lesión:

Laceración y ruptura de tejidos: con proyectiles o esquirlas que se desplazan a baja velocidad (debajo de 60 m/seg y que alcanzan a penetrar la piel, el impacto sobre el cráneo es suficiente para fracturarlo y la onda subsecuente puede impactar el tejido cerebral causando contusiones y laceraciones del tejido encefálico.

Cavitación temporal: cuando el tejido es impactado, a su alrededor se produce una cavitación que dependiendo de la velocidad y de las presiones ya descritas, y el tejido lesionado puede alcanzar hasta 30 veces el diámetro del proyectil, produciendo además un efecto de succión, responsable del desarrollo de infecciones al atraer partículas de piel, pelo, ropa y de algunos elementos del medio ambiente.

Cavitación permanente: inmediatamente posterior al cese de la expansión el tejido tiende a regresar a su sitio, pero el daño tisular creado por el proyectil y sus ondas de presión dejan a lo largo de su trayecto una cavidad.

Experimentalmente se ha demostrado que a nivel del tejido encefálico se

producen cambios drásticos de la dinámica cerebral, produciéndose un episodio de apnea de rápida resolución, hay ruptura de vasos capilares por la onda de presión y de vasos de mayor calibre por trauma directo, que desencadenan una serie de eventos fisiológicos y patológicos que originan un edema cerebral y aumento de la presión intracraneana.

En este momento se producen lesiones secundarias por isquemia cerebral, lo que genera un mayor aumento de la presión intracraneana, llevando a la isquemia tisular local, con liberación de radicales libres, acidosis metabólica y vasoespasmo.

Por lo que parece ser que la descripción de las lesiones producidas por proyectil disparado por arma de fuego no suele plantear una dificultad más allá de lo que se puede demostrar por la lesión generada sobre la superficie corporal donde se observa dicha lesión, pero puede resultar complicada, problemática y llena de dificultades cuando estas lesiones se observan en sujetos que aun con estas lesiones pueden tener una sobrevida elevada; situación que reviste especial importancia ya que de acuerdo a publicaciones previas, existe una inadecuada valoración en este tipo de lesiones lo que condiciona un abordaje equivocado o no bien fundamentado, que condiciona en muchas ocasiones malas decisiones, que se traducen en falla en el tratamiento y mal pronóstico del paciente.

Es importante subrayar que si bien no pretendemos encontrar el hilo negro, el objetivo de nuestro protocolo de estudio se encuentra fundamentado en ofrecer una descripción más detallada de las alteraciones macroscópicas y

microscópicas generadas por la energía cinética que produce y transmite un proyectil disparado por arma de fuego al contundir la superficie corporal y generar su trayecto lesionado a su paso órganos y tejidos, lo que podría ayudar al médico clínico a integrar conocimientos que le permitan realizar mejores descripciones de las lesiones ocasionadas por ese tipo de instrumentos e influir en su conducta terapéutica, lo cual les permita definir con mayor precisión el daño celular ocasionado no solo por la contusión generada por el paso del proyectil en su trayecto, sino por la energía cinética que transmite el proyectil hacia los tejidos y que de acuerdo a la literatura en balística de efectos antes referida puede ser de 11 a 20 veces el diámetro del proyectil que lesiona el tejido, y por otro lado tener en consideración en el abordaje de las mismas que existen factores externos e individuales que se conjuntan y determinan el tipo de lesión y la magnitud de la misma, ejemplo de ellos es la distancia del disparo, el tipo de arma, el calibre de la misma, plano de incidencia etc, y que serán factores importantes en la génesis de dichas lesiones, de acuerdo a la literatura antes descrita se observara mayor transmisión de energía y por consecuencia mayor extensión del daño sobre el lado donde el proyectil contunde primero (zona escoriativa), que determinada la dirección del proyectil al incidir sobre la superficie corporal, consideraciones que se pueden ver alteradas por el tipo de arma que percute la bala y que proyecta al proyectil hasta su sitio de impacto.

Un consideración importante en el proceso de la descripción histológica es que al menos en las muestras de tejido que hemos obtenido (cerebro, pulmón,

corazón, tejido graso, musculo,) hemos tenido un patrón de lesión macroscópico y microscópico muy similar en los tejidos del mismo tipo, tomando en cuenta que solo hemos obtenido dos de los proyectiles que impactaron alguna de las muestras de tejido obtenidas.

Es importante señalar que el papel de la investigación en el área de la ciencias forenses tendría que tener como objetivo común en conjunto con la medicina clínica aportar conocimientos que bien aplicados no solo sirvan al área de las ciencias forenses sino que puedan tener aplicación en el área clínica quienes en determinado momento son el primer contacto con los pacientes que presentan este tipo de lesiones y tomando en cuenta el conocimiento generado a partir de estos estudios podrían tener una mejor integración y proyección al momento de la descripción de las lesiones que se encuentran frente a él. Así mismo y dada la necesidad de nuestra sociedad actual donde el empleo de las armas de fuego se ha extendido en su uso, este trabajo pretende o intenta cerrar algunos huecos, haciendo una revisión teórica de los aspectos históricos, metodológicos y realizando una descripción de los daños observados en los tejidos que circundan en trayecto en las heridas ocasionadas por proyectil disparado por armas de fuego que le permita al médico clínico realizar una mejor descripción e interpretación de dichas lesiones con el objetivo de facilitar la comprensión y abordaje terapéutico.

## CONCLUSIONES

1. Todos los proyectiles disparados por arma de fuego condicionan lesiones sobre el tejido que impactan, independientemente del arma que la haya disparado o el calibre de proyectil.
2. Las lesiones ocasionadas en el tejido que rodea el trayecto generado por un proyectil disparado por arma de fuego dependerá de las características propias del tejido lesionado.
3. La energía cinética que transmite el proyectil de forma radial a los tejidos que rodean el trayecto es de varias veces su diámetro y dependerá de las características propias de los tejidos, en el caso de parénquima cerebral lesionado con un proyectil 9 mm se observó edema en todo su parénquima cerebral, con gliosis en todo el parénquima de forma diseminada con mayor predominio en el área perilesional, infiltrado hemorrágico por ruptura capilar, congestión vascular y áreas peri lesionales de desmielinización importante y pérdida de células de Purkinje que son datos importantes de isquemia celular.
4. En el cerebro la primera manifestación secundaria a la laceración provocada por el paso del proyectil en el parénquima es el edema generalizado del parénquima cerebral, en todos los casos estudiados.
5. En el cerebro se observan alteraciones histológicas propias de lesión celular de forma generalizada como gliosis neuronal diseminada, desmielinización,

perdida de células de Purkinje, independientemente de la zona de contusión cerebral, en todos los casos estudiados.

6. En el cerebro se observan lesiones histológicas que evidencian ruptura capilar y congestión vascular secundarias a la transmisión de energía en los tejidos que rodean el trayecto.
7. En el pulmón se observan alteraciones histológicas secundarias a la transmisión de la energía cinética que transmite el proyectil de forma radial a los tejidos que rodean el trayecto es de varias veces su diámetro y dependerá de las características propias de los tejidos al impacto producido por el proyectil disparado por arma de fuego que condiciona ruptura alveolar, ruptura capilar e infiltrado hemorrágico, si como edema generalizado del lóbulo lesionado.
8. En pulmón la energía cinética provoca colapso pulmonar aun sin generar lesión de forma directa sobre el parénquima pulmonar cuando se encuentra a una distancia de 3 cm cercano al trayecto, provocando colapso pulmonar, escaso infiltrado hemorrágico y ruptura de paredes alveolares.
9. El tejido muscular cardiaco se observaron lesiones macroscópicas secundarias a la transmisión de energía cinética con lesión en epicardio, mesocardio, endocardio, ruptura de tabique interventricular, ruptura de músculos papilares y lesiones histológicas que evidencian edema, infiltración hemorrágica, congestión vascular, desorganización de las fibras musculares, datos de lesión celular como núcleos picnoticos, infiltración

linfoide, destrucción de miocitos y presencia de fibras elásticas en casi todo el parénquima cardíaco pero de predominio peri lesional.

10. En tejido muscular la energía cinética provoca ruptura de fibras musculares, con desorganización de fibras musculares, pérdida de núcleos y presencia de fibras elásticas, datos histológicos que denotan lesión celular.
11. En el tejido adiposo la transmisión de energía cinética en el tejido que circunda en trayecto provoca hemorragia con infiltrado hemorrágico y datos de lesión celular como necrosis grasa y ruptura de las paredes de los adipocitos.
12. Con todo lo anteriormente expuesto es importante recalcar que todas las lesiones que son producidas por proyectiles disparados por arma de fuego condicionan lesiones que dependerán de características que son externas (tipo de arma, tipo de proyectil, distancia del disparo, plano de incidencia) y de características que son individuales (zona de impacto, órganos que lesiona, posición de la víctima), etc. que cuando se conjuntan determinan en un grado muy importante las lesiones que genera el proyectil en el tejido que circunda el trayecto generado por el proyectil disparado por arma de fuego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Artículos:

1. Baptista, R. R.C. Fundamentos de balística en heridas ocasionadas por proyectiles de arma de fuego. Parte 1. TRAUMA, No.3, Vol.4. 2001. Septiembre-Diciembre. Pg. 115-120.
2. Basilio, O.A., Monge. M. J., Aramayo. J. et al. Fistulas intestinales asociadas a lesión por arma de fuego.TRAUMA, No.2, Vol. 9. 2006. Mayo-Agosto. Pg. 38-41.
3. Borquez. V. P. Heridas por proyectil de arma de fuego en Medicina Legal. Depto. Medicina Legal. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Septiembre 2007. Pg. 1-17.
4. Cristiani, D. G, Beltrán, R. Lesiones causadas por proyectil de arma de fuego. Estudio epidemiológico en el Hospital Sharp de Mazatlán, Sinaloa. Acta Ortopédica Mexicana 2004; No. 2, Vol.18. Mar-Abr. Pg. 37-40.
5. Fonseca. M. G. Heridas atípicas de entrada y salida por proyectil de alta velocidad con posición intrabucal. Procedimientos sugeridos en Patología Oral Forense. Cuad Med Forense. 2009. No. 15, Vol. 57. Pg. 215-221.
6. Gabrielli. N.M., Muñoz. G. S., Troncoso. G. P., et al. Herida penetrante cardiaca. Cuad. Cir. 2007. No. 21, Pg. 75-83.

7. García. P.G., Deichler. V. F., Torres. E. E. Lesiones por armas de fuego desde la perspectiva médico-criminalística. Rev. Chilena de Cirugía. Junio 2011. No. 3. Vol. 63. Pg. 327-331.
8. Hernández. P. R., Ducasse. O. P. Cruz. H. R. et al Herida facial por proyectil de arma de fuego. Reconstrucción y rehabilitación.
9. Iglesias. M. M., Cadaval. L.M., Zamorano. P. T., et al. Herida por arma de fuego. Emergencias. 2005. No. 17. Pg. 154-155.
10. Luque, S. J. E. Heridas penetrantes por armas de fuego en el sistema nervioso central. Segunda Parte. Fisiopatología de las lesiones, casos clínicos y manejo. Revista Med. Julio 2007. No.2, Vol. 15. Pg. 306-312.
11. Moye. E. G., Vera. D.O. Trauma vascular por proyectil de arma de fuego. Ortho-tips. Julio – Diciembre 2011. No. 3-4. Vol. 7. Pg. 162-169.
12. Pietrogiovanna, G. Aspectos clínicos y epidemiológicos de las lesiones por arma de fuego. Secretaria de Salud. Epidemiologia, No. 39, Vol. 25. Septiembre 2008. Pg. 1-2.
13. Rico. A., Lucena. J., Martín. R., et al. Suicidio por arma de fuego con un proyectil del calibre 6.35 mm. Cuad. Med. Forense. 2007. No. 48-49, Vol. 13. Pg. 197-200.
14. Rodríguez. J. R., Rodríguez. G. C. Actuación médico forense en los homicidios por arma de fuego. Revista de la Escuela de Medicina Legal. Febrero 2010. Pg. 4-9.
15. Serrulla, R. F., Cascón, G. A., Riera, T. A., et al. Nuevas armas, nuevas lesiones. Rev Esp Med Legal. 2010. No. 2, Vol. 36. Pg. 87-88.

## Libros

16. Basile A.A. *Lesiones, aspectos medico legales*. Ed. Universidad. Buenos Aires 1994.
17. Bonnet E:F. *Medicina legal*. Ed. López Libreros, Buenos Aires, 1980.
18. Di Maio V.J.M. *Gunshot wounds. Practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. Second Edition: CRC Press; Boca Raton, New York, 1999.
19. Di Maio V.J.M., Di Maio D. *Forensic Pathology. Practical aspects of criminal and forensic investigations*. Second Edition: CRC Press; Boca Raton, New York, 2001.
20. Gisbert. C. J.A. *Medicina Legal y toxicología*. Masson, Madrid, 1998.
21. González. M.A.E. *Fundamentos de Balística*. Editorial Noray. San Fernando Cádiz. Abril 2000.
22. Moreno, G. R. *Balística Forense*. 15ª edición. Porrúa, México, 2011
23. Patito, J.A. *Medicina legal*. Ed. Centro Norte. Argentina, 2000.
24. Patito, J.A. y cols. *Tratado de medicina legal*. Ed. Quócum. Buenos Aires, 2003.
25. Vargas. A. E. *Medicina Legal*. 2ª Edición. Trillas. México, 2006.