



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E
INVESTIGACIÓN**

**CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
MEDICINA LEGAL**

**“CARACTERÍSTICAS DE FRACTURAS DE CRÁNEO PRODUCIDAS POR
PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO EN CADÁVERES DEL INSTITUTO DE
CIENCIAS FORENSES”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

PRESENTADO POR: DRA. LESLY JANET GARDUÑO MARTÍNEZ

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

DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO GARCÍA DOLORES

CIUDAD DE MÉXICO 2020



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.

“CARACTERÍSTICAS DE FRACTURAS DE CRÁNEO PRODUCIDAS POR PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO EN CADÁVERES DEL INSTITUTO DE CIENCIAS FORENSES”

Autor: Dra. Lesly Janet Garduño Martínez

Vo. Bo.

Dr. Víctor Hugo Soto Flores

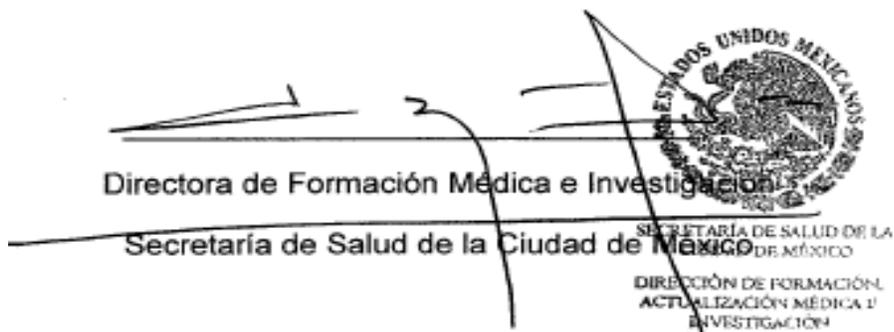


A handwritten signature in black ink, enclosed within an oval shape. The signature is written over a horizontal line.

Profesor Titular del Curso de Especialización en Medicina Legal

Vo. Bo.

Dra. Lilia Elena Monroy Ramírez de Arellano



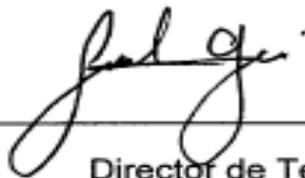
A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. To the right of the signature is a circular official stamp. The stamp contains the text "ESTADOS UNIDOS MEXICANOS" at the top and "SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO" at the bottom. Below the stamp, the text "DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN" is printed.

**“CARACTERÍSTICAS DE FRACTURAS DE CRÁNEO PRODUCIDAS POR
PROYECTIL DE ARMA DE FUEGO EN CADÁVERES DEL INSTITUTO DE
CIENCIAS FORENSES”**

Autor: Dra. Lesly Janet Garduño Martínez

Vo. Bo.

Dr. Fernando García Dolores

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. García Dolores', is written over a horizontal line.

Director de Tesis

Subdirector de Investigación y Enseñanza del
Instituto de Ciencias Forenses

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

A mis padres, Mireya y Juan Manuel, por su apoyo incondicional en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida. A mis abuelos, Susana y Marcelino, por su cariño y por siempre creer en mí.

Al Dr. Fernando García Dolores:

Por la confianza y asesoría otorgadas para llevar a cabo este proyecto.

Al Mtro. Carlos Díaz:

Quien siempre estuvo en la mejor disposición de brindar su apoyo en este trabajo.

Al personal del Instituto de Ciencias Forenses:

A los Peritos en Fotografía, ya que sin su colaboración y trabajo excepcional este proyecto no hubiera sido posible. A los técnicos en necropsia, por sus enseñanzas durante mi rotación por el Instituto. Al personal administrativo por su constante colaboración y las facilidades otorgadas.

A mis profesores:

Por compartir su tiempo, conocimiento y experiencia a lo largo de este camino en cada una de las áreas que comprende el extenso y fascinante campo de la Medicina Legal.

A todos aquellos que siempre tuvieron una palabra de apoyo que me animaba a seguir adelante.

ÍNDICE

Resumen

I. Introducción	1
II. Material y métodos	24
III. Resultados	29
IV. Discusión	52
V. Conclusiones	57
VI. Recomendaciones	60
VII. Referencias bibliográficas	61

RESUMEN

Objetivo: Describir las características de las fracturas de cráneo producidas por proyectil de arma de fuego en cadáveres que ingresaron al Instituto de Ciencias Forenses durante el período del 01 de noviembre del 2018 al 31 de marzo del 2019. **Material y método:** Realizamos un estudio observacional, descriptivo, transversal y prospectivo mediante observación directa de las fracturas en cráneo durante el estudio de autopsia. **Resultados:** 36 individuos presentaron una herida por proyectil de arma de fuego en cráneo, 89% eran hombres. El 56% no presentó orificio de salida. El 70% fueron disparos de larga distancia. El hueso con más impactos fue el temporal derecho (31%). En 6 casos el disparo fue de contacto, 3 en paladar duro secundarios a suicidio. El 64% de los impactos presentó fracturas radiales y el 19% fracturas concéntricas. El calibre más frecuente fue 9 mm en 30% de los casos. **Conclusiones:** La mayoría de los casos observados presentaron fracturas radiales, siendo el temporal derecho el que las presentó con mayor frecuencia. Todos los impactos en paladar duro presentaron orificio de salida en hueso parietal y se observaron fracturas radiales con un trazo similar.

Palabras clave: Arma de fuego, proyectil, cráneo, fracturas.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al artículo 10 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus habitantes tienen derecho a poseer armas en su domicilio, para su seguridad y legítima defensa, con excepción de las prohibidas por la Ley Federal y de las reservadas para el uso exclusivo de la Fuerza Armada permanente y los cuerpos de reserva.¹

La Dirección de Comercialización de Armamento y Municiones, dependiente de la Dirección General de Industria Militar, es la dependencia encargada de llevar a cabo la comercialización de armas de fuego, municiones y demás objetos regulados por la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.²

Las armas de fuego son instrumentos de diversas dimensiones y formas variadas destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles, aprovechando la fuerza expansiva de los gases que se desprenden al inflamarse de forma instantánea sustancias explosivas en un espacio confinado. Conservan el nombre genérico de armas de fuego porque en los modelos primitivos los disparos iban acompañados de la salida de una llamarada por la boca del arma.³

Hay cuatro tipos básicos de pistolas: Pistolas de un solo tiro, derringers, revólver y pistolas automáticas

Pistolas de un solo tiro. Tiene una cámara de disparo integrada con el cañón, que se carga manualmente cada vez que se dispara el arma.

Derringers. Son una variante de las pistolas de un solo tiro. Son armas de fuego de bolsillo pequeñas que tienen múltiples cañones, cada uno de los cuales se carga y dispara por separado.

Revólver. Tiene un cilindro giratorio que contiene varias cámaras, cada una de las cuales contiene un cartucho. El cilindro se gira mecánicamente para alinear cada cámara sucesivamente con el cañón y el percutor.

Pistolas automáticas: El término “pistola automática” es un nombre equivocado ya que esta forma de pistola es un cargador automático en el que se debe apretar el gatillo para cada disparo realizado. Estas pistolas usan la fuerza generada por el cartucho disparado para operar el mecanismo que extrae y expulsa los cartuchos vacíos, carga el cartucho nuevo y regresa el mecanismo a la posición para disparar la siguiente ronda.

Los cartuchos de armas cortas consisten en la vaina metálica del cartucho, un primer o cebador, pólvora o propelente, y una bala o proyectil.

La *vaina del cartucho* está usualmente hecha de latón, una composición de 70% cobre y 30% zinc. Menos frecuente es que estén hechas de acero o aluminio. La principal función de la vaina del cartucho es expandir y sellar la cámara para evitar el escape de gases cuando se dispara el cartucho. Los cartuchos civiles están usualmente marcados con las iniciales o el código del

fabricante, así como el calibre. Los sellos no son necesariamente indicadores confiables del calibre de un cartucho particular.

El primer o cebador se clasifica como de fuego central o anular, dependiendo de la localización del primer. Hay dos tipos de primer para los cartuchos metálicos: Boxer y Berdan. Los cartuchos de rifle y pistola de primer central Americanos tienen primer tipo Boxer. Los cartuchos metálicos Europeos están tradicionalmente cargados con primer tipo Berdan.

El propelente utilizado hasta finales del siglo XIX para la carga de todos los cartuchos era la pólvora negra. Esta es una mezcla de carbón, azufre y nitrato de potasio. Cuando la pólvora negra se quema adecuadamente, produce 44% de su peso original en gases y 56% en residuos sólidos.⁴ Cuando se habla de un cartucho “Magnum” significa que lleva una mayor cantidad de propelente que el normal.⁵

La bala es la parte del cartucho que abandona la boca del arma de fuego cuando ésta es descargada.⁴

Según la carga que disparan se clasifican en armas de proyectiles múltiples y armas de proyectil único. En el primer grupo se incluyen las escopetas de caza y algunas de guerra. Los proyectiles que disparan estas armas se denominan, según su naturaleza y forma: metralla, postas o perdigones. Al segundo grupo, más numeroso, pertenecen el resto de las armas de fuego que en cada disparo lanzan un solo proyectil o bala.³

Los proyectiles comunes consisten en una bala de plomo cubierta por una “camisa” de cobre que lo hace de forma total o parcial, cilindros de plomo, postas pequeñas y grandes de plomo o acero.

El calibre se refiere al diámetro interior del cañón y se mide en milímetros o en fracciones decimales de pulgada.⁵

La balística es la ciencia del movimiento de los proyectiles. Ésta se divide en balística interior, balística exterior y balística terminal que es el estudio de la penetración de sólidos por el misil. La balística de las heridas puede ser considerada como una subdivisión de la balística terminal relacionada con los movimientos y efectos del proyectil en el tejido.⁴

Se conocen como heridas por armas de fuego aquellos efectos lesivos que producen sobre el organismo los disparos realizados con armas cargadas de diversos tipos de pólvora u otros explosivos.³

La apariencia de una herida no sólo indica la dirección y trayectoria de la bala, sino también el tipo de munición y arma utilizada y el alcance de los disparos. Algunos autores han intentado correlacionar, a través de estudios cuantitativos y cualitativos y mediante análisis computacional, diferentes aspectos de las heridas de bala en cráneo infligidas por los tipos más comunes de proyectiles. Las heridas por proyectil de arma de fuego pueden tomar varias formas, debido a la diversidad de municiones con respecto a la forma y la masa, la velocidad, la distancia de disparo y el ángulo de entrada del proyectil.

Pocos estudios han establecido modelos para el análisis balístico de las heridas por proyectil de arma de fuego.⁶

La extensión de la lesión de una bala se debe a:

1. La trituración mecánica y el aplastamiento del tejido por la bala cuando perfora el tejido.
2. Cizallamiento, compresión y lesiones por estiramiento en el tejido debido a la formación de la cavidad temporal.
3. Lesiones secundarias por rotura de la bala.
4. La naturaleza del tejido perforado por la bala.
5. La longitud del trayecto de la herida.

Cuando una bala atraviesa el cuerpo, aplasta y tritura el tejido en su camino, mientras que al mismo tiempo lanza hacia afuera el tejido circundante desde el trayecto de la bala, produciendo una cavidad temporal considerablemente más grande que el diámetro de la bala.

La ubicación, el tamaño y la forma de la cavidad temporal en un cuerpo dependen de la naturaleza de la bala, la cantidad de energía cinética alojada por la bala en su recorrido a través del tejido, la rapidez con la que se pierde la energía y la elasticidad y cohesividad del tejido.

Un proyectil, en virtud de su movimiento, posee energía cinética. Para una bala esta energía está determinada por su peso y velocidad.

$$\text{Energía Cinética} = \frac{W V^2}{2g}$$

donde: g es la aceleración de la gravedad

W es el peso de la bala

V es la velocidad

El tamaño de la cavidad temporal está directamente relacionado con la cantidad de energía cinética perdida en el tejido.

Las heridas de bala son penetrantes o perforantes. Las heridas penetrantes ocurren cuando una bala entra en un objeto y no sale. Las heridas perforantes ocurren cuando la bala pasa completamente a través del objeto. Una bala que golpea la cabeza, puede pasar a través del cráneo y el cerebro antes de detenerse debajo de la piel cabelluda, produciendo una herida penetrante de la cabeza, pero una herida perforante del cráneo y el cerebro.

Las heridas de bala se pueden dividir en cuatro categorías, según el rango desde la boca del cañón hasta el objetivo: contacto, corta distancia, distancia intermedia y larga distancia.⁴

HERIDAS POR CONTACTO: En las heridas por contacto, la boca del arma se sostiene contra la superficie del cuerpo en el momento de la descarga. La apariencia puede variar según si la boca del cañón estaba presionada firmemente contra la superficie para formar un cierre hermético o si simplemente se mantenía en contacto laxo. Otra variante más es cuando la ropa se pone entre la boca del cañón y la piel.^{4,7}

Heridas de contacto firme: El cañón del arma está presionado contra la piel, la cual envuelve la boca del cañón. Los bordes inmediatos de la entrada son cauterizados por los gases calientes de la combustión y ennegrecidos por el hollín. El hollín está incrustado en la piel quemada y no puede eliminarse por completo mediante lavado o frotado vigoroso de la herida.

Heridas de contacto laxo: La boca del cañón, mientras está en contacto completo con la piel, se sostiene ligeramente contra él. El gas que precede a la bala, así como la bala en sí, crean un espacio temporal entre la piel y el canal del cañón por el que puede escapar el gas. El hollín transportado se deposita en una zona alrededor de la entrada. Este hollín se puede limpiar fácilmente. Algunos granos de polvo no quemados también pueden escapar de este espacio y depositarse sobre la piel en la zona del hollín.

HERIDAS DE CORTA DISTANCIA: La boca del arma no está en contacto con la piel, manteniéndose a una corta distancia. La distancia, sin embargo, es tan pequeña que los granos de pólvora que salen de la boca no tienen la oportunidad de dispersarse y marcar la piel. La herida será casi

siempre circular, ya que es improbable que ocurra un desgarro debido a la intrusión del gas.^{4,7}

HERIDAS DE DISTANCIA INTERMEDIA: Es aquella en la cual la boca del arma se mantiene alejada del cuerpo en el momento de la descarga, pero está lo suficientemente cerca como para que los granos de pólvora expulsados junto con la bala produzcan un “tatuaje de pólvora” en la piel. Estas marcas son la condición *sine qua non* de las heridas de rango intermedio. Para las pistolas, el tatuaje de pólvora comienza en una distancia de aproximadamente 10 mm.

El tatuaje de pólvora es un fenómeno antemortem que indica que el individuo estaba vivo al momento del disparo. Es producido por el impacto de los granos de pólvora en la piel.

HERIDAS DE LARGA DISTANCIA: Las únicas marcas en el blanco son aquellas producidas por la interacción de la bala y la piel. El hollín producido por la combustión de la pólvora que emerge de la boca del arma contiene metales vaporizados del primer, la bala y la caja del cartucho.

Tradicionalmente, se dice que las heridas de entrada tienen una configuración de redonda a ovalada con un margen rojizo de la piel erosionada: el anillo de abrasión.

El anillo de abrasión se produce por el estiramiento excesivo temporal de la piel adyacente al punto de penetración producido por la bala cuando perfora la piel.

Un anillo de abrasión puede variar en anchura dependiendo del calibre del arma, del ángulo en el cual entra la bala y del sitio anatómico de entrada. Puede ser concéntrico o excéntrico, dependiendo del ángulo entre la bala y la piel. Una bala que golpee perpendicularmente debe producir un anillo de abrasión concéntrico. Si la bala penetra en un ángulo oblicuo, la zona de abrasión en la piel debe ser excéntrica.⁴

La velocidad de un proyectil al salir del cañón del arma permite clasificar estos en: Proyectiles de Alta Velocidad (PAV) cuando viajan más de 2,000 pies/seg, equivalente a 609.5 m/seg, Proyectil de Velocidad Media (PVM) de 1,100 a 2,000 pies/seg y Proyectil de Baja Velocidad (PBV) a menos de 1,100 pies/seg. Los PAV tienden a producir mayor destrucción tisular debido a su fragmentación y sus efectos de cavitación temporal.

Las armas de uso civil por lo general emplean proyectiles de baja velocidad, e incluyen a todas las pistolas y algunos rifles como los de calibre .22 LR. Las pistolas calibres 9 mm y .45, usan proyectiles de baja velocidad. Se consideran armas de pequeño calibre aquellas cuyo proyectil tiene un diámetro menor a 0.6 de pulgada, que equivale a calibre .60 ó 15mm. Por ejemplo, las pistolas empleadas para uso militar por lo general son calibres .38 (9 mm) y .45 (11 mm). En tiroteos civiles, el promedio de la distancia a que son infligidas estas lesiones es de 7 metros, por lo que la velocidad del proyectil, al momento de su impacto, es similar a su velocidad a la salida del cañón del arma.⁵

La balística de las heridas de hueso es un proceso más complejo que la penetración del tejido blando. En general, el tejido óseo ocasiona un marcado retraso en la penetración de la bala como es esperado por su mayor densidad comparada con el tejido blando y sus propiedades mecánicas relacionadas, particularmente su dureza que también puede causar que la bala se deforme o se fragmente.⁸

El hueso es una forma especializada de tejido conectivo denso compuesto de sales de calcio incrustadas en una matriz de fibras de colágeno.⁴ El hueso deriva su resistencia a la tracción de su componente orgánico (colágeno tipo 1) y su resistencia a la compresión de sus cristales de hidroxiapatita. Durante el trauma, el hueso responde como un material dúctil o frágil dependiendo de la duración de la magnitud y la dirección de la fuerza entregada. Durante un trauma de baja velocidad, la deformación del hueso se puede modelar según una curva de tensión-deformación. Sin embargo, con traumas de alta velocidad, como heridas de bala, el hueso se comporta como un material frágil. La velocidad de carga es tan alta que el hueso falla casi instantáneamente antes de que se produzca una deformación elástica o plástica y se produce una fragmentación.⁹

En el caso de trauma por fuerza contundente, factores extrínsecos e intrínsecos son consideraciones importantes para su interpretación. Los factores extrínsecos incluyen el foco de la fuerza, el área de la superficie de impacto, la aceleración o desaceleración, así como la dirección de la fuerza y la

magnitud, duración y tasa de carga. El factor intrínseco se relaciona con la capacidad de un hueso para absorber energía bajo carga, y puede estar influenciado por el sexo, la edad, la nutrición y la salud, así como también por su forma, tamaño y densidad.¹⁰

La mecánica y la ciencia de materiales estudian los efectos y la relación entre las fuerzas aplicadas sobre una estructura o cuerpo rígido y la deformación producida.

La fuerza o carga es un vector con una magnitud, dirección y punto de aplicación, que cuando actúa sobre un cuerpo cambia la velocidad o la forma del mismo. El desplazamiento que sufre la estructura sobre el que se ejerce la fuerza, es proporcional a la magnitud de la misma. El esfuerzo es la resistencia interna de un objeto a una fuerza que actúa sobre él.

Las propiedades mecánicas de un material son todas aquellas características que permiten diferenciarlo de otros, desde el punto de vista del comportamiento mecánico.

La elasticidad es la propiedad de un material de recuperar su forma inicial una vez que deja de aplicarse sobre él una fuerza. La plasticidad es la propiedad opuesta: la deformación plástica se mantiene incluso cuando cede la fuerza. La rigidez es una característica de los materiales que hace que se necesiten grandes esfuerzos para inducir una pequeña deformación elástica. La flexibilidad es la propiedad opuesta a la rigidez. La tenacidad es la capacidad

del material para resistir a la deformación plástica. Por lo tanto, las características obtenidas de la curva carga-desplazamiento, nos proporcionarán información relativa a las propiedades mecánicas extrínsecas o estructurales, referidas al hueso como estructura.¹¹

Si una bala perfora el hueso depende de una serie de factores: la velocidad de la bala al momento del impacto, su construcción (plomo, camisa metálica completa, camisa metálica parcial), el peso de la bala, el ángulo de interacción entre el hueso y la bala, el tipo de hueso (largo, plano), su espesor y superficie.⁴

Cuando un proyectil ingresa al cuerpo, a menudo entra en contacto con tejidos óseos, frecuentemente asociado a trauma craneal. Cuando la muerte es reciente, el daño a los tejidos blandos ayuda a determinar la forma en que ocurrió. Sin embargo, cuando el material óseo es el único disponible para analizar, las características o defectos en el hueso pueden proporcionar información acerca del arma causal, las características del proyectil, la secuencia de las heridas y los rasgos individuales del tirador, que pueden ser útiles para los funcionarios encargados de hacer cumplir la ley.¹²

El cráneo es el esqueleto de la cabeza. Diversos huesos constituyen sus dos partes, el neurocráneo y el viscerocráneo. El neurocráneo es la caja ósea del encéfalo y sus cubiertas membranosas, las meninges craneales. Contiene también las porciones proximales de los nervios craneales y los vasos encefálicos. El neurocráneo del adulto está formado por una serie de ocho

huesos: cuatro impares centrados en la línea media (frontal, etmoides, esfenoides y occipital) y dos series de huesos pares bilaterales (temporal y parietal).

El neurocráneo posee un techo parecido a una cúpula, la bóveda craneal y un suelo o base del cráneo. Los huesos que componen la bóveda son principalmente huesos planos (frontal, parietales y occipital), formados por osificación intramembranosa del mesénquima de la cabeza, a partir de la cresta neural. Los huesos que contribuyen a la base del cráneo son principalmente huesos irregulares con partes sustancialmente planas (esfenoides y temporales), formados por osificación endocondral del cartílago (condrocráneo) o por más de un tipo de osificación. Los denominados huesos planos y las porciones planas de los huesos que forman el neurocráneo son en realidad curvos, con una superficie convexa externa y una superficie cóncava interna. La mayoría de los huesos de la bóveda están unidos por suturas fibrosas.¹³

Hueso frontal: Hueso plano e impar de la parte anterior de la cabeza que forma parte del techo de las órbitas y la cavidad nasal; se compone de superficie externa, dos superficies temporales, superficie interna, dos porciones orbitarias y porción nasal.⁵ Desde el punto de vista anatómico, existe una considerable variabilidad en el grosor del hueso en la base del cráneo, desde la lámina cribosa hasta el ala mayor del esfenoides, que proporciona apoyo y protección para las estructuras del ápice orbital. Esto a su vez tiene un impacto en el mecanismo de lesión en el trauma craneofacial.¹⁴

Hueso parietal: Hueso par en forma de cuadrilátero que forma el techo y los lados del cráneo con el hueso del lado opuesto; se compone de cuatro bordes (frontal, sagital, occipital y escamoso) y dos superficies (interna y externa).

Hueso temporal: Hueso formado por la porción escamosa que forma parte de la fosa temporal y el conducto auditivo externo; porción mastoidea, porción petrosa y porción timpánica.

Hueso occipital: Hueso impar que encierra el agujero magno, se compone de escama, porción basilar y porciones laterales.

Esfenoides: Localizado en la base del cráneo, impar y plano. Se compone de un cuerpo, dos alas mayores, dos alas menores, dos apófisis pterigoides y cuatro láminas pterigoideas.

Etmoides: Localizado en la parte anterior del cráneo, debajo del hueso frontal y anterior al hueso esfenoides. Hueso impar que forma parte de las órbitas, parte posterosuperior del septo nasal y techo y paredes laterales de la cavidad nasal; se compone de la lámina cribosa, crista galli, lámina perpendicular y dos laberintos.¹⁵

La física, la balística y la anatomía son campos bien conocidos, por lo que teóricamente se podría predecir lo que sucede cuando una bala golpea un hueso. Muchas variaciones ocurren en las heridas con diferentes tipos de bala, calibres, velocidades y ángulos de penetración, lo que lleva a una amplia gama

de heridas. La velocidad de partida para fracturar un hueso es de 65m/s. Una bala que impacta sobre el hueso plano de la bóveda craneana, hace que un tapón de hueso se desprenda frente a él, creando un biselado el cual puede ser interno, externo o inverso. La disposición del biselado en relación con la herida, ayuda a determinar la dirección del contacto proyectil-hueso. El bisel interno y externo es característico de las heridas de entrada y salida respectivamente.¹²

El contacto inicial del misil hace un agujero limpio a través de la tabla externa del cráneo. Donde la bala emerge internamente, la tabla interna no tiene soporte y se desmonta un tapón con forma de cono, formando un cráter que es apreciablemente más grande que el agujero externo. Si la bala atraviesa el cráneo y penetra en el lado opuesto, ocurre el mismo patrón, esta vez con el orificio pequeño en la tabla interna y el cráter en la exterior.⁷

La estimación del calibre a partir del diámetro de la herida de entrada ha sido rechazada en gran medida por los médicos forenses. Debido a la multitud de factores que influyen, la determinación exacta del calibre a partir de los defectos de la herida de entrada aún no es posible. Si bien algunos factores que afectan el tamaño y la morfología de las heridas de bala, como los objetivos intermedios y la pérdida de la orientación de la bala, no pueden explicarse, el examen de la composición ósea permite realizar estimaciones precisas.⁹

La producción de fracturas secundarias del cráneo debido a ondas de presión intracraneal depende de dos factores: la distancia en el momento de la descarga y la energía cinética que posee la bala.

Las fracturas secundarias son muy comunes en heridas de contacto en la cabeza. Esto se debe a que el gas producido por la descarga entra en la cavidad craneal, se expande y contribuye a la tensión ejercida sobre la cámara ósea por la fosa temporal. Cuanto más gas se produce, más ingresa al cráneo y es más probable que se produzcan las fracturas.

En heridas por disparos a distancia, el gas no participa en la producción de fracturas. Estas fracturas son producidas por la presión acumulada en el cráneo, como resultado de la formación de una cavidad temporal. El tamaño de esta cavidad es proporcional a la cantidad de energía cinética perdida por la bala en su paso a través del cráneo. Cuanto mayor sea la cantidad de energía cinética perdida, mayor será la cavidad; cuanto más grande es la cavidad, mayor es la presión producida en las paredes de la cámara craneal y más probable es que ocurra una fractura. El hecho de que las fracturas en el cráneo se deben a la formación temporal de cavidades se demostró mediante una serie de experimentos con cráneos. Cuando los cráneos estaban vacíos, las balas “perforaban” las entradas y salidas sin fracturas. Cuando los cráneos se llenaron de gelatina para simular el cerebro, se produjeron fracturas secundarias masivas de cráneo.⁴

Después de que la bala impacta el cráneo, aparecen fracturas como resultado del incremento de la presión intracraneal, superando la fuerza del hueso, con fracturas radiales que ocurren primero y fracturas concéntricas después. Cada fractura puede distinguirse entre sí y la secuencia en la que se

formaron puede determinarse, ya que una nueva línea de fractura se detendrá en una fractura formada previamente.⁵ Las fracturas no tienden a cortar a través de suturas o fracturas previamente existentes.¹⁶

Cuando dos líneas de fractura de una superficie sólida se intersecan, siempre es posible decir cual se ha hecho primero. El daño preexistente de la superficie detiene todas las líneas de fractura producidas por impactos posteriores. Este conocido principio (establecido por Puppe en 1903) se ha utilizado en gran medida en el análisis de fracturas de vidrio, pero también puede aplicarse a la exploración de fracturas de cráneo.

No se ha encontrado ninguna excepción a esta regla en investigaciones sistemáticas en cráneos, cristales y huevos golpeados de forma subsecuente.

Aunque el disparo múltiple causa un patrón extenso y a veces muy complejo de fracturas (efecto hidrodinámico producido por la bala que atraviesa la cavidad temporal del cerebro), en la mayoría de los casos la regla de Puppe se puede aplicar de forma exitosa.

Dependiendo de la masa, velocidad, dirección y sitio de impacto de la bala, las heridas de bala en la bóveda del cráneo generalmente muestran dos patrones de fractura: fracturas radiales que se originan desde el punto de impacto y fracturas concéntricas centradas alrededor de la entrada o el orificio de salida.¹⁷

- Fracturas radiales: Se presentan en forma de inflexiones, a veces serpenteantes. Se originan en el punto del impacto y son las primeras en producirse. Se forman en la cara opuesta a la que recibe el impacto, (el proyectil presiona sobre la cara impactada, curvando el cristal y sometiendo a una mayor tensión la cara opuesta, que se agrieta formando fracturas radiales).
- Fracturas concéntricas: Se presentan de forma circular. Se producen alrededor del punto de impacto, después de las radiales, finalizando al encontrarse con ellas. Se forman por la cara que recibe el impacto (producidas las fracturas radiales, los fragmentos del cristal se curvan por la cara opuesta a la que recibe el impacto, sometiendo ahora a una mayor tensión a la cara impactada, que se agrieta formando las fracturas concéntricas).¹⁸

Los defectos de canal ocurren cuando la bala penetra a lo largo de un trayecto tangencial en la superficie del hueso. En estos casos, la bala viaja con la punta hacia adelante y penetra el hueso, generalmente siguiendo una línea recta. Las balas que producen una lesión de canal y que penetran en la bóveda craneal muestran biselado interno en el punto de entrada y delaminación discreta o biselado externo en el punto de salida. Los defectos en ojo de cerradura (keyhole) son un tipo de lesión de canal que por definición muestran tanto biselado interno como externo en el sitio de entrada. El defecto de ojo de cerradura resulta de una bala que impacta el hueso en un ángulo superficial, en

contra de la curvatura del cráneo, y por lo tanto “perfora” el defecto de entrada. El proyectil puede también fragmentarse, dejando un fragmento para penetrar el hueso y el resto del proyectil continúa su trayectoria.¹⁶

En los suicidios con pistola, la sien derecha es el lugar más común. Después, los sitios más comunes en orden decreciente de ocurrencia son la boca, el pecho, la frente, la parte posterior de la cabeza, debajo de la barbilla y el abdomen.⁴

Se ha propuesto examinar la relación entre el calibre del proyectil, el diámetro de la herida de entrada y la densidad mineral ósea para estimar el tamaño del proyectil. Se planteó la hipótesis de que las diferencias en la densidad mineral ósea contribuyen parcialmente al grado de formación de heridas, y que pueden mejorar las condiciones para la predicción de calibres desconocidos en el contexto forense. Sin embargo, las características del trauma balístico dependen de una multitud de factores que incluyen la velocidad, la ubicación y el ángulo de entrada, las propiedades mecánicas del tejido, la distancia y las características de la bala. Por lo tanto, las capacidades predictivas del modelo están limitadas por la influencia altamente interactiva de múltiples variables.⁹

El Instituto de Ciencias Forenses (INCIFO), es una Institución Pública dependiente del Poder Judicial de la Ciudad de México, que tiene como objetivo primordial auxiliar desde el punto de vista pericial, a las autoridades que así lo requieren, con el propósito de coadyuvar con ellas en la procuración e

impartición de justicia. En el Instituto se atienden los casos de lesionados relacionados con hechos delictivos, de muertes violentas y sospechosas, así como se efectúa también la formación de recursos humanos en materia de Medicina y Ciencias Forenses.

La necropsia médico-forense es el examen técnico-científico, externo e interno del cadáver que tiene como finalidad primaria determinar la causa de muerte y la identificación del individuo. Se realiza dentro del Instituto de Ciencias Forenses, en el anfiteatro, que es el espacio que cuenta con lo necesario para efectuar un procedimiento con calidad. En la medicina forense, el método científico es la forma ordenada y sistemática que el experto médico lleva a cabo para auxiliar a la autoridad en la búsqueda de la verdad con base en las guías y protocolos diseñados para este efecto.¹⁹

De acuerdo al anuario estadístico 2018 del Tribunal Superior de Justicia de la Ciudad de México, en el Instituto de Ciencias Forenses se recibieron 5309 cadáveres en el año 2017, de los cuales el 83.4% eran del sexo masculino y el mayor número se encontraba en el rango de edad de 26 a 40 años, tenían educación secundaria y eran empleados. Del total de muertes, 1831 se debieron a homicidio y de éstos, 69.5% fue secundario a una herida por proyectil de arma de fuego. En 11.2% de los casos de muertes por arma de fuego, se debió a suicidio.²⁰

México enfrenta una severa crisis de violaciones graves de derechos humanos y crímenes violentos, la mayoría de los cuales han sido cometidos con armas de fuego. El país experimenta la tasa de homicidios más alta registrada en toda su historia, donde dos de cada tres homicidios son cometidos con armas de fuego.²¹ Durante el año 2017 se registraron un total de 1,821 lesiones dolosas y 758 homicidios dolosos en la Ciudad de México cometidos con armas de fuego.²²

En 2017 se registraron 31 mil 174 homicidios en el país, lo que equivale a 25 homicidios por cada cien mil habitantes, de acuerdo con cifras preliminares del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En 20 mil 49 casos la causa de muerte fue agresión con disparo de otras armas de fuego y las no especificadas. La principal causa de muerte entre hombres y mujeres fue la agresión con disparo de arma de fuego con 18 mil 443 y mil 590 casos respectivamente.²³ El uso de armas cortas se registró en mil 43 casos. De acuerdo a los datos estadísticos, el mayor número de casos registrados por homicidios secundarios al uso de armas de fuego cortas se registró en el sexo masculino con un total de 940 casos, dentro de los cuales la edad predominante se encuentra entre los 25 a 49 años, empleados y con escolaridad de secundaria completa.²⁴

Durante el 2018 el incremento de los asesinatos en el país se registró en 27 de las 32 entidades federativas. De enero a septiembre de 2015, hubo 7 mil 699 casos de homicidio por armas de fuego, para el mismo período de 2018 el número fue de 17 mil 467 víctimas, un incremento de 120%.

En enero y febrero fueron asesinadas un total de mil 803 personas en México. Esta cifra convierte al primer bimestre de 2019 en el más violento del que haya registro. La quinta entidad con el mayor incremento de homicidios en enero y febrero de 2019 es la Ciudad de México, donde la tasa pasó de 2.17 víctimas por cien mil habitantes a 3.2 víctimas por cien mil habitantes, que es un repunte del 47.5%.²⁵

Estos datos también prueban que existen más homicidios de los que el gobierno de Andrés Manuel López Obrador y su gabinete de seguridad reportan diariamente, y que el promedio diario de asesinatos ha crecido. El subregistro en la información del presidente es de más del 20% de los homicidios.²⁶

Desde 2016, más de 20 mil armas de fuego compradas por policías estatales y federales han desaparecido o han sido robadas, de las cuales siete mil fueron reportadas en la Ciudad de México y el Estado de México.

La transparencia en la adquisición de armas es clave en el contexto actual de violencia, pues las que son transferidas legalmente también están involucradas en violaciones a los derechos humanos, debido a la falta de claridad sobre su destino.²⁵

En atención a lo anterior y dado el incremento de lesiones y muertes violentas en nuestro país debido principalmente al uso de armas de fuego cortas, las heridas por proyectil de arma de fuego han sido estudiadas de forma amplia por diversas disciplinas, cobrando especial relevancia las heridas en cráneo que por sus características anatómicas deriva en una gran variedad de morfologías.

El objetivo del presente trabajo es describir las características de las fracturas de cráneo producidas por proyectil de arma de fuego en los cadáveres que ingresaron al Instituto de Ciencias Forenses en el período comprendido del 01 de noviembre del 2018 al 31 de marzo del 2019, como un abordaje inicial que permita identificar patrones de fractura, de acuerdo a la distancia, calibre y hueso impactado.

II. MATERIAL Y MÉTODO

Llevamos a cabo un estudio observacional, descriptivo, transversal y prospectivo, identificando mediante censo aquellos cadáveres que ingresaron al Instituto de Ciencias Forenses en el período comprendido del 01 de noviembre del 2018 al 31 de marzo del 2019 y que presentaron una herida producida por proyectil disparado por arma de fuego en cráneo, siendo criterio de exclusión los casos en los que hubo dos o más heridas o que las condiciones del cráneo y la calidad de la fotografía impidieran observar adecuadamente el trazo de fractura.

Se revisó el expediente de cada caso para recabar los datos socio-demográficos y durante el estudio de autopsia se observó el cráneo de forma directa. Una vez abierta la cavidad craneana se llevó a cabo la captura fotográfica de la bóveda y la base del cráneo para documentar los orificios de entrada y salida y, de estar presentes, las fracturas radiales. Mediante el uso de Vernier calibrado se determinaron las dimensiones del orificio de entrada.

En aquellos casos que no presentaron orificio de salida, se determinó mediante las técnicas de balística el calibre del proyectil encontrado.

Se llevó a cabo la captura de datos mediante formato ex profeso **Tabla I**, uno por cada cadáver, en el cual se incluyeron las variables a estudiar **Tabla II**.

Tras haber obtenido los datos, se procedió a vaciar los resultados de las variables en una base de datos de Excel y posteriormente, mediante este mismo programa, se realizó el análisis estadístico pertinente. Los resultados se expusieron en gráficas y tablas.

Desde el punto de vista bioético se considera la presente una investigación sin riesgo y fue autorizada por el Comité de Bioética en Investigación del INCIFO, con número de registro CEI-009/2019.

Se utilizaron medidas de tendencia central (media), de dispersión (rango) y de resumen (frecuencia y porcentaje).

Tabla I. Formato para captura de datos

Instituto de Ciencias Forenses. Anfiteatro No. de cadáver:

Variable	Resultado	Observaciones
Edad.	En años:	
Sexo.	<input type="radio"/> Femenino. <input type="radio"/> Masculino.	
Ocupación.	<input type="radio"/> Desempleado. <input type="radio"/> Hogar. <input type="radio"/> Estudiante. <input type="radio"/> Comerciante. <input type="radio"/> Empleado. <input type="radio"/> Profesionista. <input type="radio"/> Desconocido.	
Escolaridad.	<input type="radio"/> Primaria. <input type="radio"/> Secundaria. <input type="radio"/> Preparatoria. <input type="radio"/> Licenciatura. <input type="radio"/> Posgrado. <input type="radio"/> Desconocido.	
Número de orificios de entrada.	No:	
Número de orificios de salida.	No:	
Hueso impactado.	<input type="radio"/> Frontal. <input type="radio"/> Parietal derecho. <input type="radio"/> Parietal izquierdo. <input type="radio"/> Temporal derecho. <input type="radio"/> Temporal izquierdo. <input type="radio"/> Occipital.	
Distancia del disparo.	<input type="radio"/> Contacto. <input type="radio"/> Corta distancia. <input type="radio"/> Mediana distancia. <input type="radio"/> Larga distancia.	
Tamaño del orificio de entrada en hueso.	En milímetros:	
Fracturas radiales.	<input type="radio"/> Presentes. <input type="radio"/> Ausentes.	
Fracturas concéntricas.	<input type="radio"/> Presentes. <input type="radio"/> Ausentes.	
Calibre del proyectil.	En milímetros/decimales de pulgada:	

Tabla II. Variables

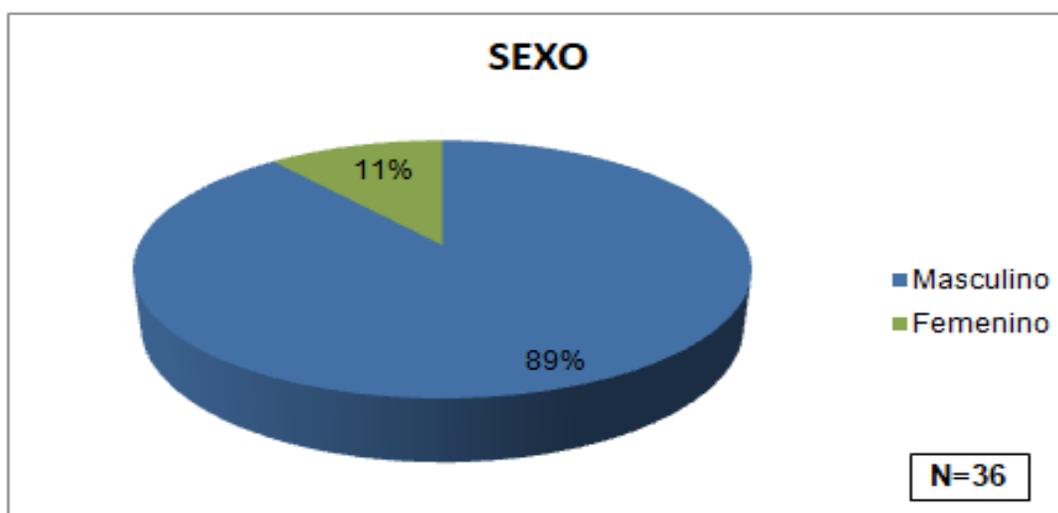
VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN	CALIFICACIÓN
Edad.	Contexto	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.	Cuantitativa Continua	Años.
Sexo.	Contexto	Conjunto de las peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos.	Cualitativa Nominal	Femenino. Masculino.
Ocupación.	Contexto	Conjunto de funciones, obligaciones y tareas que desempeña un individuo en su trabajo, oficio o puesto de trabajo, independientemente de la rama de actividad donde aquella se lleve a cabo y de las relaciones que establezca con los demás agentes productivos y sociales.	Cualitativa Nominal	Desempleado. Ama de casa. Estudiante. Comerciante. Empleado. Profesionista. Desconocido.
Escolaridad.	Contexto	Tiempo durante el que un alumno asiste a la escuela o a cualquier centro de enseñanza.	Cualitativa Ordinal	Primaria. Secundaria. Preparatoria. Licenciatura. Posgrado. Desconocido.
Número de orificios de entrada.	Compleja	Número total de orificios producidos por el proyectil de arma de fuego, identificados por sus características como de entrada.	Cuantitativa discreta	Número.

Número de orificios de salida.	Compleja	Número total de orificios producidos por proyectil de arma de fuego, identificados por sus características como de salida.	Cuantitativa discreta	Número.
Hueso impactado.	Compleja	Región de la bóveda craneana donde impactó el proyectil.	Cualitativa Nominal	Frontal. Parietal derecho. Parietal izquierdo. Temporal derecho. Temporal izquierdo. Occipital.
Distancia del disparo.	Compleja	Longitud existente entre la boca del cañón del arma de fuego y el blanco, al momento de detonar el arma.	Cualitativa Ordinal	Contacto. Corta. Mediana. Larga.
Tamaño del orificio de entrada en hueso.	Compleja	Dimensión del orificio de entrada en hueso como resultado de la fractura que ocasiona el proyectil.	Cuantitativa continua	Milímetros.
Fracturas radiales.	Compleja	Fracturas secundarias que se originan a partir del orificio de entrada principal.	Cualitativa nominal	Presentes. Ausentes.
Fracturas concéntricas.	Compleja	Fracturas secundarias que se originan a partir del orificio de entrada principal y posterior a la formación de fracturas radiales.	Cualitativa nominal	Presentes. Ausentes.
Calibre del proyectil.	Compleja	Diámetro interior del cañón de un arma de fuego.	Cuantitativa continua	Milímetros o decimales de pulgada.

III. RESULTADOS

De los cadáveres que ingresaron al Instituto de Ciencias Forenses durante el período estipulado, observamos que 36 cumplieron con los criterios de inclusión para el estudio. De éstos, 32 individuos (89%) correspondieron al sexo masculino y 4 individuos (11%) al sexo femenino. **Figura 1.**

Figura 1. Porcentaje de individuos por sexo

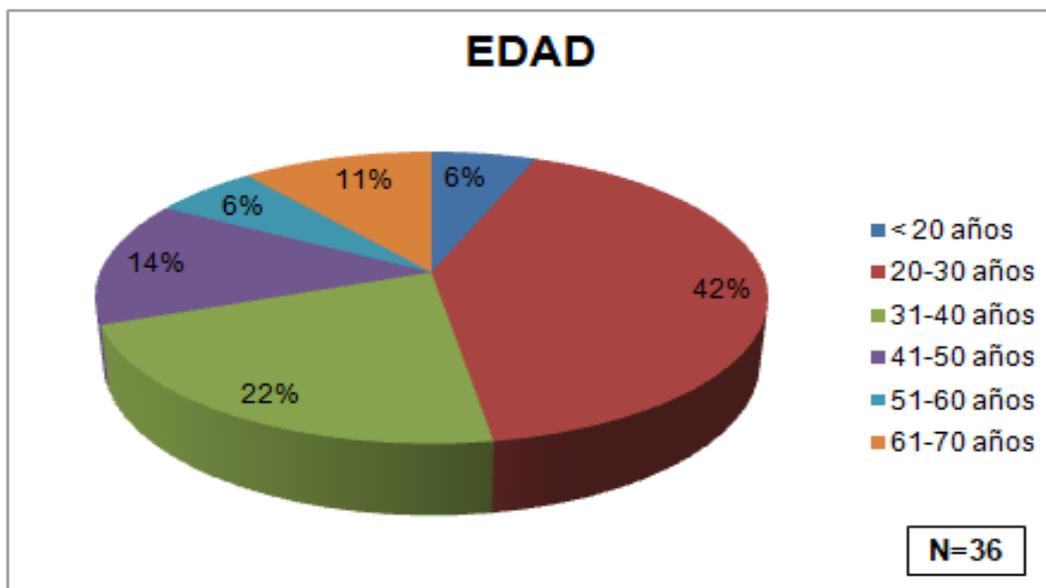


Fuente: Archivo del Instituto de Ciencias Forenses 2018-2019.

En cuanto a la edad de los individuos al momento del deceso, la media general fue de 35.4 años, mientras que para el sexo masculino la media fue de 36.7 años y para el sexo femenino de 25 años. De acuerdo al número de casos por rangos de edad, 2 individuos (6%) tenían una edad menor de 20 años al momento del deceso, 15 individuos (42%) tenían de 20 a 30 años, 8 individuos

(22%) de 31 a 40 años, 5 individuos (14%) de 41 a 50 años, 2 individuos (6%), de 51 a 60 años y 4 individuos (11%) de 61 a 70 años, siendo ésta última la edad más alta registrada en este estudio. **Figura 2.**

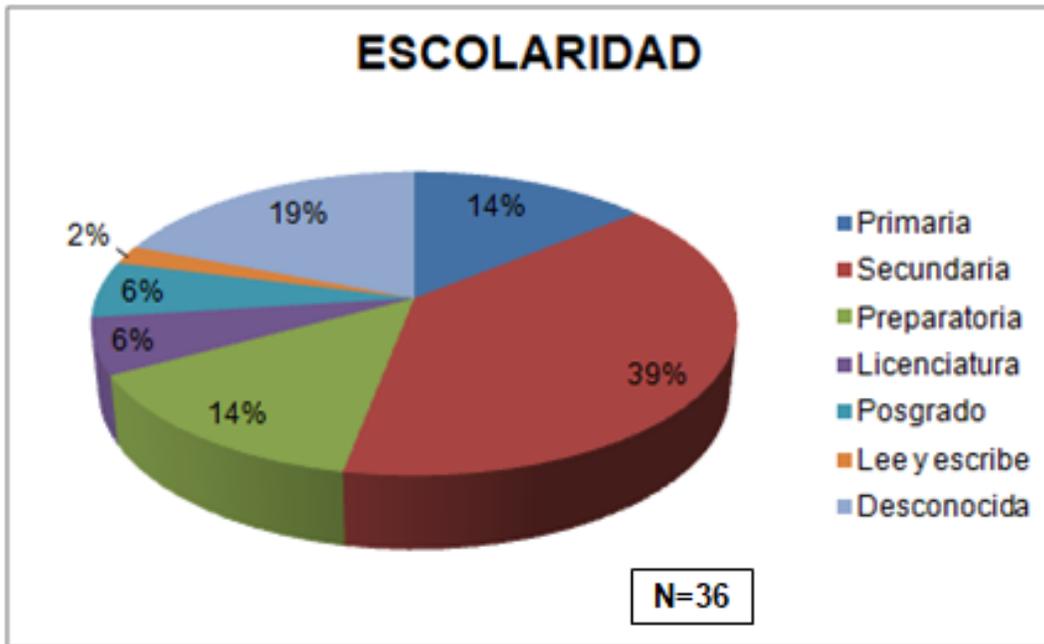
Figura 2. Porcentaje de individuos por rango de edad.



Fuente: Archivo del Instituto de Ciencias Forenses 2018-2019.

Respecto a la escolaridad, 5 individuos (14%) contaban con escolaridad primaria, 14 casos (39%) tenían escolaridad secundaria, 5 individuos (14%) con preparatoria, 2 individuos (6%) con nivel licenciatura, 2 con posgrado (6%) y 1 sabía leer y escribir (2%). En 7 casos (19%) no se especificaba la escolaridad en el expediente o bien, ésta se desconocía. **Figura 3.**

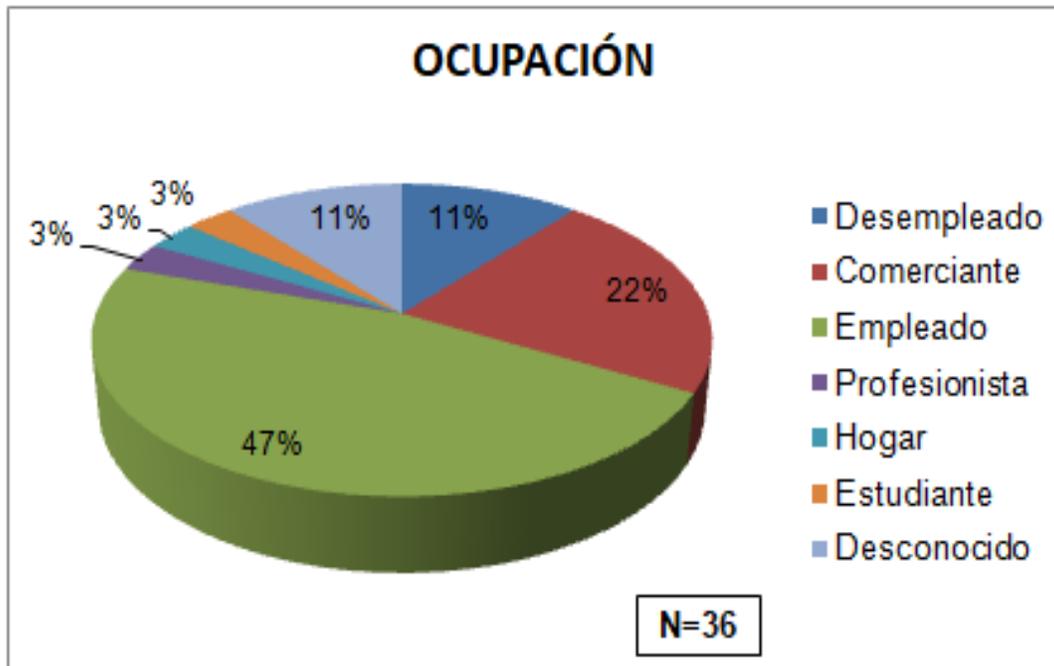
Figura 3. Porcentaje de individuos por escolaridad.



Fuente: Archivo del Instituto de Ciencias Forenses 2018-2019.

En cuanto a la ocupación, se encontró que en 4 casos (11%) eran desempleados, 8 individuos (22%) se dedicaban al comercio, 17 individuos (47%) eran empleados, 1 individuo era estudiante (3%), 1 se dedicaba al hogar (3%) y 1 era profesionista (3%). En 4 casos (11%) no se especificaba la ocupación en el expediente o bien, se desconocía. **Figura 4.**

Figura 4. Porcentaje de cadáveres por ocupación.



Fuente: Archivo del Instituto de Ciencias Forenses 2018-2019.

De los 36 individuos que presentaron una herida por proyectil de arma de fuego, observamos que 16 (44%), presentaron un orificio de entrada con orificio de salida, mientras que 20 individuos (56%) no presentaron orificio de salida. **Tabla**

III.

Tabla III. Número de orificios de entrada y salida.

ORIFICIO DE ENTRADA	ORIFICIO DE SALIDA	NÚMERO DE CADÁVERES
1	1	16
1	0	20

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

La distancia a la que fueron realizados los disparos con base en las características macroscópicas de las heridas tanto en tejidos blandos como en hueso **Figura 5**, se observó de la siguiente manera: 25 impactos (70%), fueron de larga distancia, 4 impactos (11%) fueron de mediana distancia, 1 impacto (3%) de distancia corta y 6 impactos (16%) fueron de contacto. **Tabla IV.**

Tabla IV. Número de impactos de acuerdo a la distancia del disparo.

DISTANCIA	NÚMERO DE IMPACTOS
CONTACTO.	6
CORTA.	1
MEDIANA.	4
LARGA.	25
TOTAL.	36

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

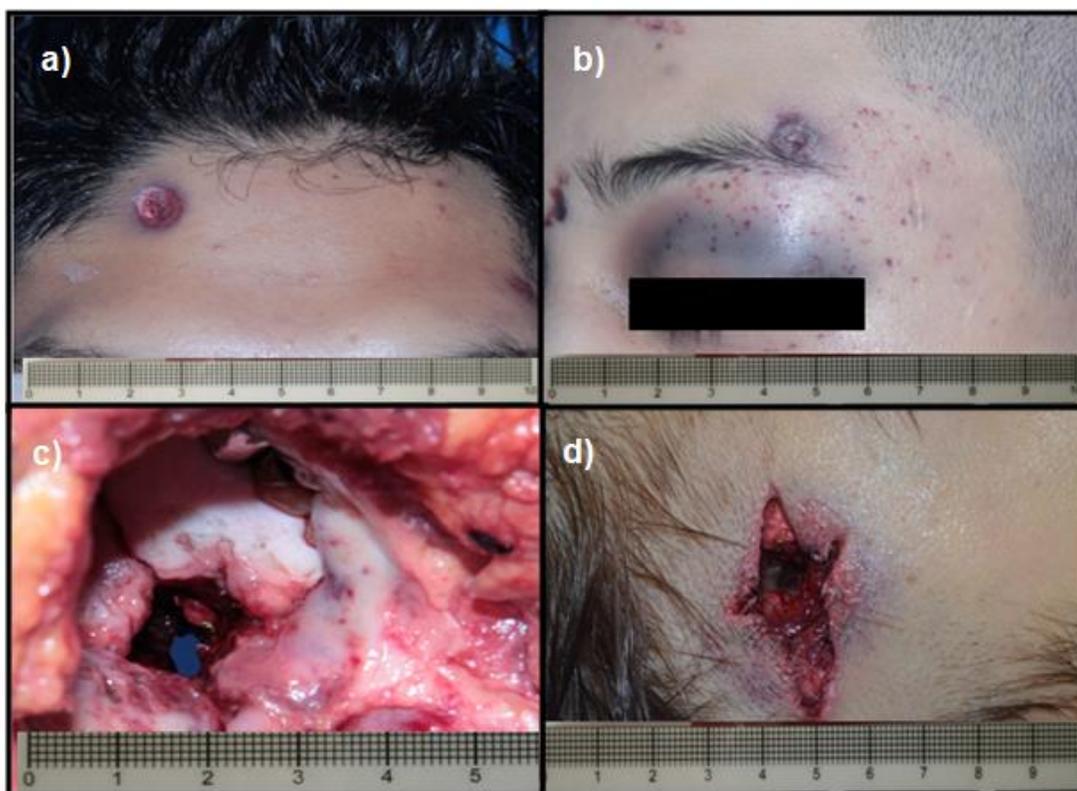


Figura 5. Distancia del disparo. a) Orificio de entrada en región frontal en un disparo de larga distancia. b) Orificio de entrada en región frontal por disparo de mediana distancia. Se observa la zona de incrustación de granos de pólvora alrededor del orificio. c) Orificio de entrada en paladar duro por disparo de corta distancia. d) Orificio de entrada en región temporal derecha por disparo de contacto. Signo de "boca de mina de Hoffmann". Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

Respecto al hueso de la bóveda craneana en el que se observó el orificio de entrada, el temporal derecho recibió 11 impactos (31%), el occipital 7 impactos (19%), el parietal derecho e izquierdo fueron impactados en 4 ocasiones cada uno (11%), el hueso frontal tuvo 3 impactos (8%), y el temporal izquierdo 2 impactos (6%).

En 5 ocasiones el proyectil no impactó en un hueso de la bóveda, siendo observados 3 impactos (8%) en el paladar duro, 1 en el hueso nasal (3%) y 1 en el párpado izquierdo (3%). **Tabla V.**

Tabla V. Número de impactos en cada hueso.

HUESO	NÚMERO DE IMPACTOS
TEMPORAL DERECHO.	11
OCCIPITAL.	7
PARIETAL DERECHO.	4
PARIETAL IZQUIERDO.	4
FRONTAL.	3
PALADAR DURO.	3
TEMPORAL IZQUIERDO.	2
HUESO NASAL.	1
PÁRPADO IZQUIERDO.	1
TOTAL.	36

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

Del total de impactos que recibió cada hueso, se desglosó la distancia a la que había sido realizado cada uno, observando así que de los 3 proyectiles que impactaron el hueso frontal, 1 disparo (33%) fue hecho a larga distancia, 1 de mediana distancia (33%) y 1 de contacto (33%).

De los 7 impactos en el hueso occipital, 6 fueron de larga distancia (85%) y 1 de contacto (15%).

Los 4 proyectiles que impactaron en el parietal derecho (100%) y los 4 en el izquierdo (100%), fueron realizados a larga distancia.

El temporal derecho recibió 11 impactos de los cuales 7 fueron de larga distancia (64%), 2 de mediana distancia (18%) y 2 de contacto (18%).

De los 2 impactos en el temporal izquierdo, ambos (100%) fueron de larga distancia.

Tres proyectiles que no impactaron en la bóveda se identificaron en paladar duro, 2 de ellos (67%) fueron disparos de contacto y 1 de corta distancia (33%).

El impacto en hueso nasal fue realizado a mediana distancia y el del párpado izquierdo a larga distancia. **Tabla VI.**

Tabla VI. Relación entre el número de impactos recibidos en cada hueso y la distancia del disparo.

HUESO	NÚMERO DE IMPACTOS	CONTACTO	CORTA	MEDIANA	LARGA
FRONTAL	3	1	-	1	1
OCCIPITAL	7	1	-	-	6
PARIETAL DERECHO	4	-	-	-	4
PARIETAL IZQUIERDO	4	-	-	-	4
TEMPORAL DERECHO	11	2	-	2	7
TEMPORAL IZQUIERDO	2	-	-	-	2
PALADAR DURO	3	2	1	-	-
HUESO NASAL	1	-	-	1	-
PÁRPADO IZQUIERDO	1	-	-	-	1
TOTAL	36	6	1	4	25

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

En cuanto a las fracturas radiales, éstas se observaron en 23 impactos (66%)

Figura 6, mientras que en 8 impactos (22%) no se observaron **Figura 7**.

En 5 de los impactos donde no se identificaron (14%), por las características del sitio donde impactó el proyectil (paladar duro, hueso nasal y párpado), no es aplicable la observación de las fracturas. **Tabla VII**.

Tabla VII. Porcentaje de presencia de fracturas radiales en los cadáveres observados.

FRACTURAS RADIALES	NÚMERO DE IMPACTOS	PORCENTAJE
PRESENTES.	23	64%
AUSENTES.	8	22%
NO IMPACTÓ EN BÓVEDA.	5	14%
TOTAL.	36	100%

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

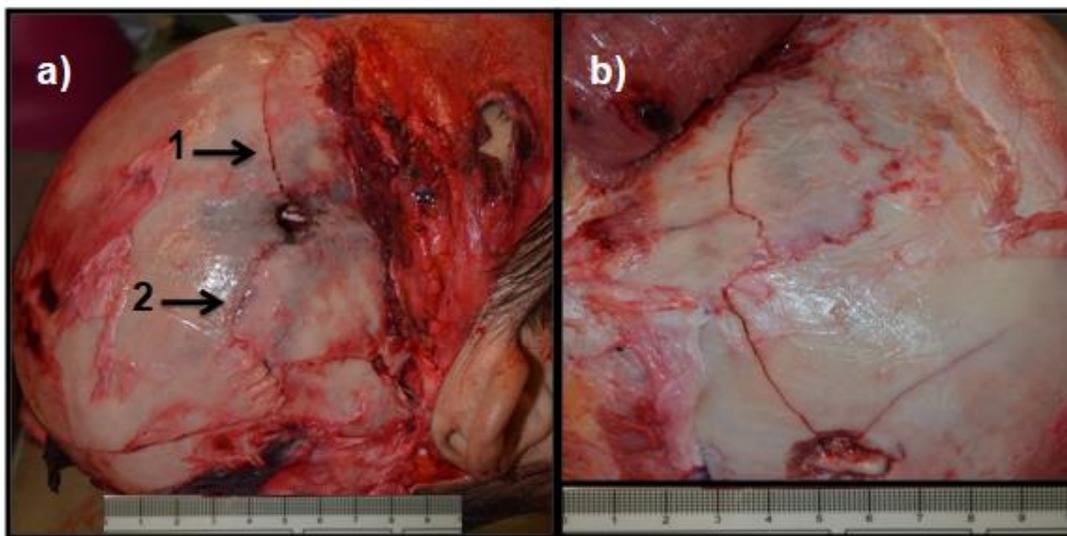


Figura 6. a) Presencia de fracturas radiales (1 y 2) en un orificio de entrada por disparo de contacto en el hueso temporal derecho. b) Orificio de salida en occipital. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

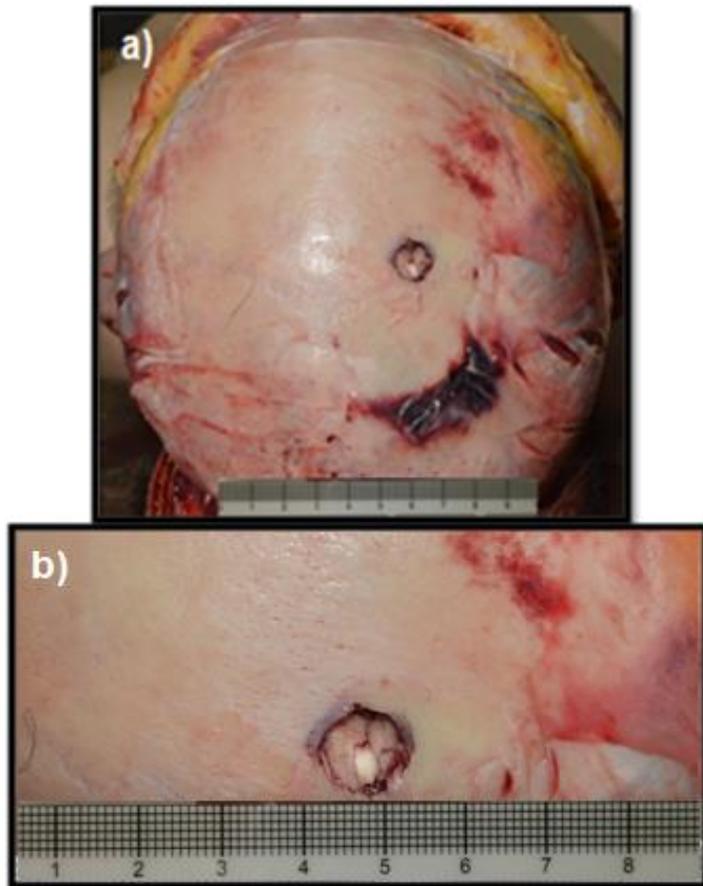


Figura 7. a) Ausencia de fracturas radiales en el orificio de entrada de un disparo de larga distancia en parietal derecho. b) Acercamiento del orificio de entrada. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

De los 36 impactos, se observaron fracturas radiales en 23 casos, de los cuales 16 (70%), fueron disparos de larga distancia, 3 de mediana distancia (13%) y 4 de contacto (17%).

El frontal presentó fracturas radiales en los 3 impactos recibidos, el temporal derecho en 9 de 11 impactos (82%), el parietal derecho las presentó en 3 de 4

impactos (75%), el occipital en 5 de 7 impactos (71%), el parietal izquierdo en 2 de 4 impactos (50%) y el temporal izquierdo, 1 de 2 impactos (50%). **Tabla VIII.**

Tabla VIII. Presencia de fracturas radiales respecto al hueso impactado y la distancia del disparo.

HUESO	TOTAL DE IMPACTOS	IMPACTOS CON FRACTURAS RADIALES	LARGA DISTANCIA	MEDIANA DISTANCIA	CONTACTO
FRONTAL	3	3	1	1	1
OCCIPITAL	7	5	4	-	1
PARIETAL DERECHO	4	3	3	-	-
PARIETAL IZQUIERDO	4	2	2	-	-
TEMPORAL DERECHO	11	9	5	2	2
TEMPORAL IZQUIERDO	2	1	1	-	-
PALADAR DURO	3				
HUESO NASAL	1				
PÁRPADO SUP. IZQ.	1				
TOTAL	36	23	16	3	4

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

En el caso de las fracturas concéntricas, éstas se observaron en 7 impactos (19%) **Figura 8**, y en 24 impactos (75%) no se observaron. En los 5 impactos (10%) que no ocurrieron en un hueso de la bóveda, no aplica la observación de fracturas. **Tabla IX.**

Tabla IX. Porcentaje de presencia de fracturas concéntricas en los cadáveres observados.

FRACTURAS CONCÉNTRICAS	NÚMERO DE IMPACTOS	PORCENTAJE
PRESENTES.	7	19%
AUSENTES.	24	67%
NO IMPACTÓ EN BÓVEDA.	5	14%
TOTAL.	36	100%

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

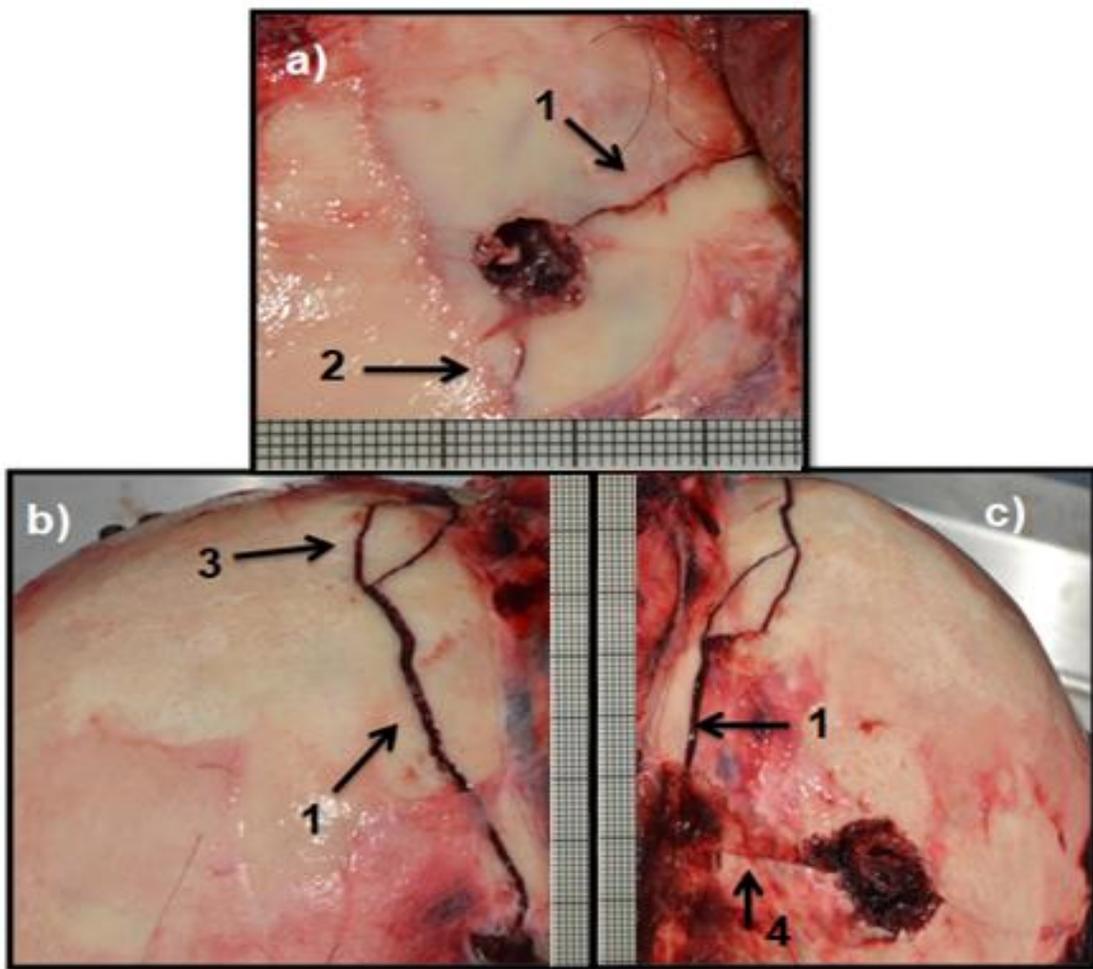


Figura 8. a) Orificio de entrada en temporal derecho en un disparo de larga distancia que presentó dos fracturas radiales (1 y 2). La fractura 1 irradia hacia la región frontal de forma ascendente. b) A partir de la fractura radial 1, se observa una fractura concéntrica en la región frontal (3). c) Orificio de salida en parietal izquierdo, donde la fractura radial que se origina de éste último (4) es arrestada por la fractura radial inicial (1). Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

En los casos en que el proyectil impactó un hueso diferente a los de la bóveda craneana, se identificó el orificio de entrada en el sitio del impacto y el hueso en el que se encontró el orificio de salida, teniendo así, que en 3 casos (6%) el proyectil impactó en el paladar duro **Figura 9 y 10**, siendo un disparo de corta distancia y dos de contacto. En los tres casos, el orificio de salida se observó en el parietal. **Tabla X.**

Tabla X. Características de los impactos en paladar duro.

ORIFICIO DE ENTRADA	DISTANCIA	ORIFICIO SALIDA	ORIFICIO ENTRADA EN HUESO
PALADAR DURO	Corta	Parietal izquierdo.	11x10mm
No. Impactos: 3	Contacto	Parietal izquierdo.	14x10mm
	Contacto	Parietal sobre y a la derecha.	30x21mm

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

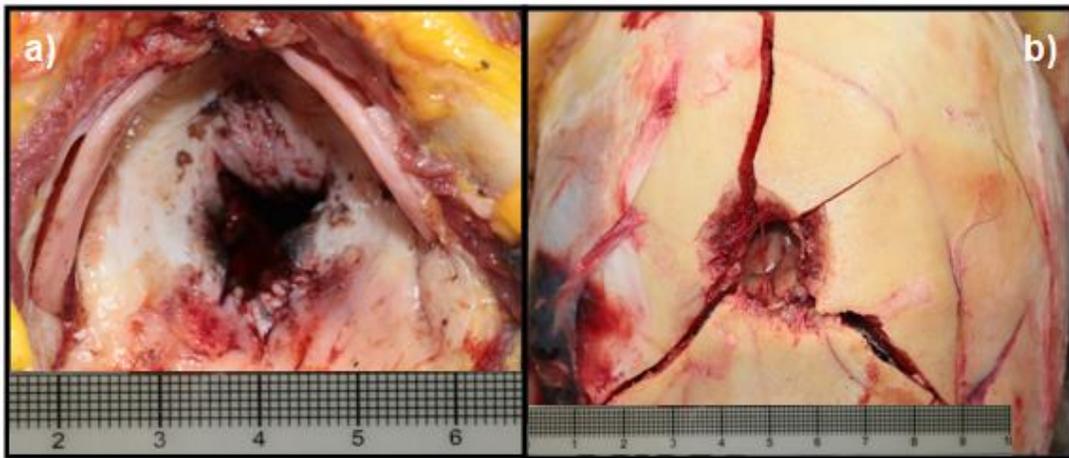


Figura 9. a) Orificio de entrada en paladar duro en un disparo de contacto. b) Orificio de salida localizado en parietal izquierdo. Se observan 4 fracturas radiales. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

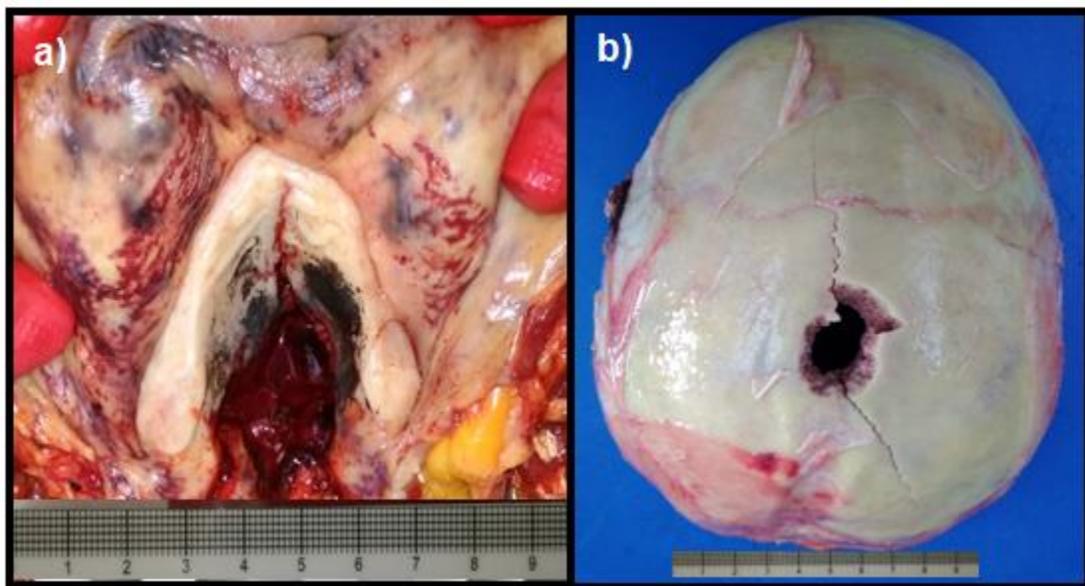


Figura 10. a) Orificio de entrada en paladar duro en un disparo de contacto. b) Orificio de salida en hueso parietal, sobre y a la derecha de la línea media. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

En los disparos tanto de contacto y corta distancia en paladar, se observó similitud entre el trazo de fractura de los orificios de salida en el hueso parietal en los tres casos. **Figura 11.**

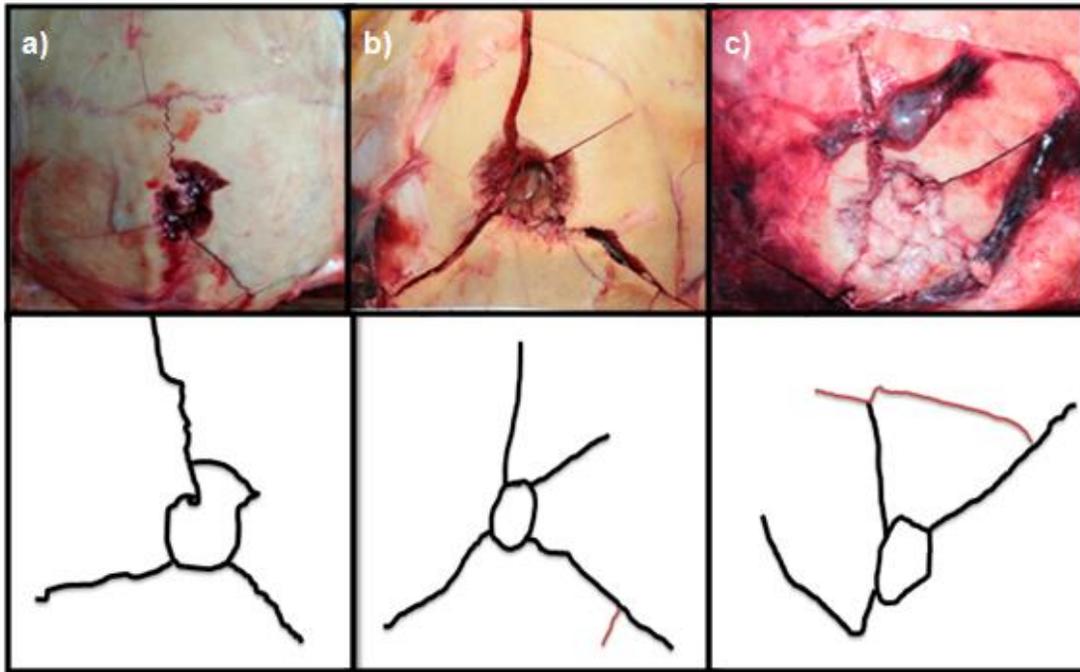


Figura 11. Trazo de fractura en orificios de salida en hueso parietal. En los tres casos el proyectil ingresó a través del paladar duro. a) y b) Disparos de contacto. c) Disparo de corta distancia. En líneas de color negro se representa el orificio de salida y las fracturas radiales y con rojo las concéntricas. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

Un disparo de mediana distancia impactó en el hueso nasal ocasionando un orificio de entrada de 8x5mm, sin orificio de salida, el cual terminó su trayecto en el hueso occipital a la izquierda. **Tabla XI**

Tabla XI. Características del impacto en hueso nasal.

HUESO NASAL	DISTANCIA	ORIFICIO SALIDA	ORIFICIO DE ENTRADA EN HUESO
NÚMERO DE IMPACTOS: 1	Mediana	Termina trayecto en occipital	8 x 5 mm.

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

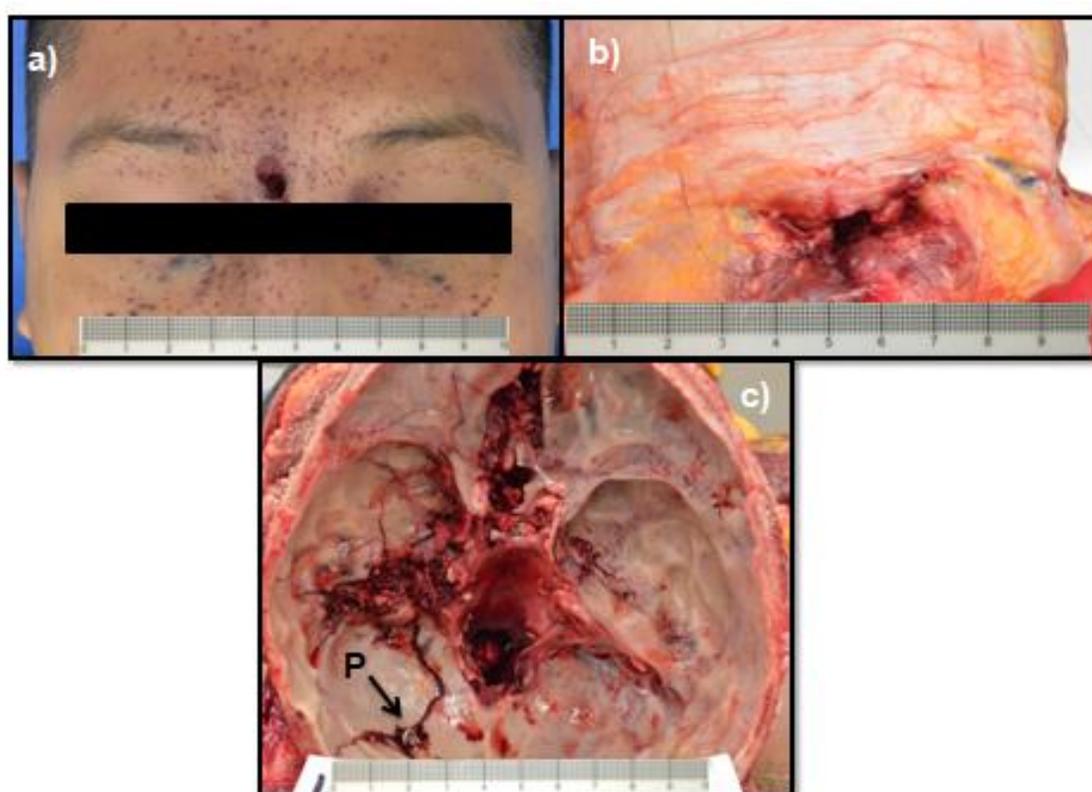


Figura 12. a) Orificio de entrada en hueso nasal. Se observa la zona de incrustación de granos de pólvora en un disparo de distancia intermedia. b) Orificio de entrada en hueso. c) Fractura de la base del cráneo en los tres pisos del lado izquierdo. El proyectil de calibre 9mm terminó su trayecto en el hueso occipital donde fue encontrado (P). Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

Un disparo de larga distancia impactó en el párpado superior izquierdo fracturó la lámina de la órbita, la porción orbitaria del frontal y el esfenoides para penetrar a la cavidad y fracturar la silla turca donde terminó su trayecto, por lo que no se observó orificio de salida. **Tabla XII. Figura 13.**

Tabla XII. Características del impacto en párpado izquierdo.

PÁRPADO IZQUIERDO	DISTANCIA	ORIFICIO SALIDA
NÚMERO DE IMPACTOS: 1	Larga	Fractura la lámina orbitaria, porción orbitaria del frontal, el esfenoides y penetra a cavidad. Fractura la silla turca a la derecha, donde termina su trayecto. Sin orificio de salida

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

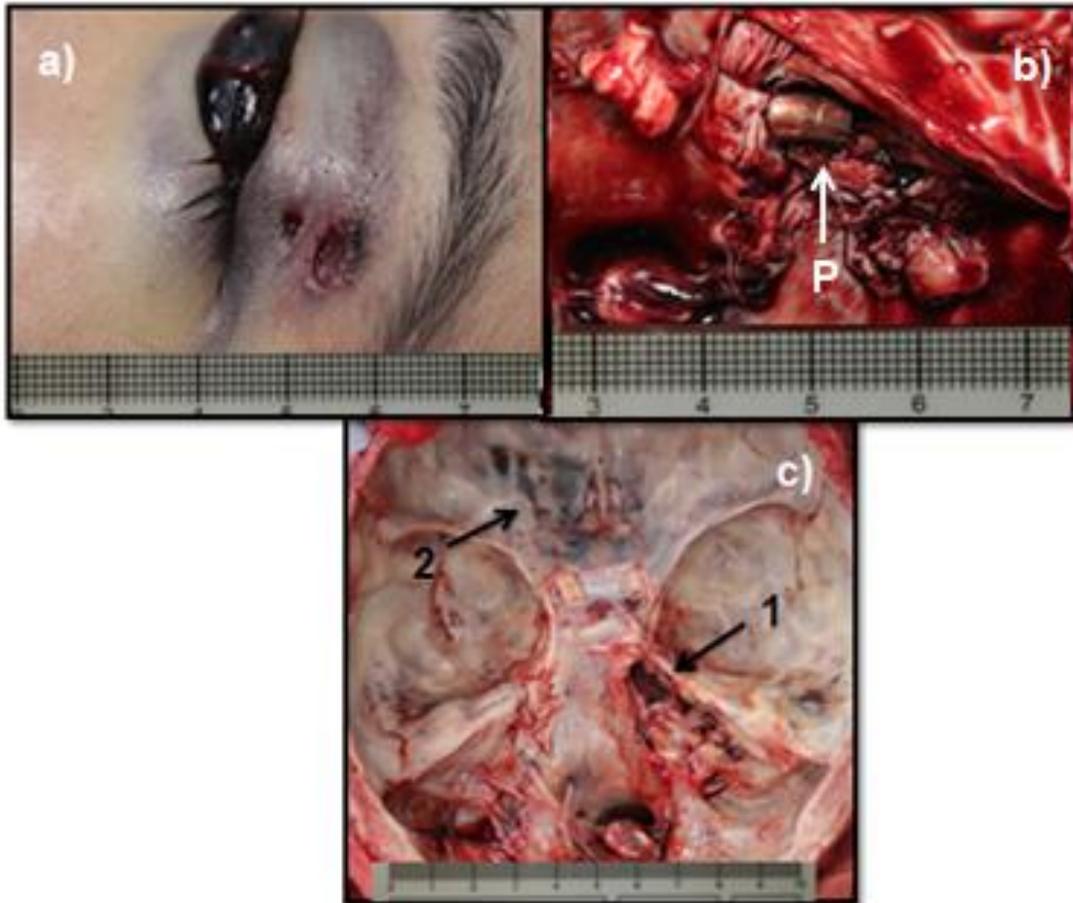


Figura 13. a) Disparo de larga distancia en párpado superior izquierdo. b) Proyectoil calibre .25 auto (P), alojado a la derecha de la silla turca. c) Base del cráneo. Sitio donde terminó el trayecto del proyectil (1) tras penetrar a cavidad. Se observan además infiltrados en la porción orbitaria del frontal asociado a fractura (2) y en la porción petrosa del temporal de ambos lados. Fuente: Archivo fotográfico del Instituto de Ciencias Forenses.

De los 20 impactos en los que no hubo orificio de salida, 6 impactos (30%) ocurrieron en occipital, y el calibre de los proyectiles encontrados durante el estudio de autopsia se observó de la siguiente manera: 6 eran de calibre 9mm

(30%), 4 eran .22 LR (20%), 3 eran de calibre .380 (15%) y 2 eran calibre 38 Spl (10%) y Los calibres .45 auto, .25 auto y .40 s&w, se observaron en un caso cada uno de ellos.

En 1 impacto (5%), se encontraron proyectiles múltiples (perdigones) y en 1 impacto (5%) únicamente se encontraron fragmentos del proyectil que no fueron útiles para determinar el calibre del mismo. (Tabla XIII)

Tabla XIII. Calibre de los proyectiles encontrados en los cadáveres que no presentaron orificio de salida.

CALIBRE PROYECTIL	NÚMERO DE IMPACTOS
9mm	6
.22 LR (5.6x15mm)	4
.380 ACP (9x17mm)	3
38 Spl (9x29mm)	2
.45 ACP (11,43x23mm)	1
.25 ACP (6,35x16)	1
.40 s&w (10x22mm)	1
Perdigones	1
Fragmentos no útiles	1
Total	20

LR: Long Rifle. Spl: Special. ACP: Automatic Colt Pistol (Auto). s&w: Smith& Wesson. Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

Con base en el calibre de los proyectiles encontrados, se hizo una correlación entre el sexo del individuo, el hueso impactado, el tamaño del orificio de entrada en hueso, la distancia del disparo y la presencia de fracturas radiales. De los 20 impactos sin orificio de salida, 17 se observaron en individuos del sexo masculino (85%) y 3 en el sexo femenino (15%).

El calibre observado con mayor frecuencia fue 9mm e impactó en el occipital en dos ocasiones siendo ambos disparos de larga distancia, sin embargo en un caso hubo presencia de fracturas radiales y en el otro no. Dos impactaron en temporal derecho, siendo un disparo de larga distancia y uno de mediana, ambos con fracturas radiales. Uno impactó en parietal izquierdo y uno en hueso nasal, siendo de larga y mediana distancia respectivamente. La medida del orificio de entrada fue diferente en cada caso.

El segundo calibre más observado fue el .22 LR, con un disparo de larga distancia en parietal izquierdo, con fracturas radiales presentes. Otro disparo de larga distancia fue en occipital y no se observaron fracturas radiales. Un disparo fue hecho a mediana distancia e impactó en el temporal derecho, con presencia de fracturas radiales. Otro disparo fue de contacto en el hueso frontal y tuvo presencia de fracturas radiales. En todos los casos el tamaño del orificio de entrada en hueso fue diferente. **Tabla XIV.**

Tabla XIV. Correlación entre sexo calibre, hueso impactado, distancia del disparo, tamaño del orificio de entrada y presencia de fracturas radiales. Con el mismo color se identifican los casos en que hubo coincidencia de alguna variable en el caso de los dos calibres más frecuentes (9mm y .22LR)

SEXO	CALIBRE PROYECTIL	HUESO IMPACTADO	DISTANCIA	ORIFICIO DE ENTRADA EN HUESO (mm)	FX RADIALES
Masculino	9mm	Occipital	Larga	12x10	Ausentes
Masculino	.22 LR	Parietal izquierdo	Larga	8x7	Presentes
Masculino	380	Occipital	Larga	13x10	Presentes
Masculino	38spl	Parietal derecho	Larga	11x10	Ausentes
Masculino	Fragmentos no útiles	Temporal izquierdo	Larga	20x15	Presentes
Masculino	9mm	Temporal derecho	Larga	15x12	Presentes
Femenino	.45auto	Temporal derecho	Larga	15x10	Presentes
Masculino	9mm	Hueso nasal	Mediana		
Masculino	.22 LR	Temporal derecho	Mediana	14x10	Presentes
Masculino	9mm	Occipital	Larga	25x10	Presentes
Masculino	38spl	Occipital	Larga	26x15	Presentes
Masculino	380	Parietal derecho	Larga	13x11	Presentes
Masculino	.25auto	Párpado superior izquierdo	Larga		
Masculino	.40s&w	Occipital	Contacto	8x6	Presentes
Femenino	Perdigones	Parietal derecho	Larga	39x4	Presentes
Masculino	.22 LR	Occipital	Larga	10x9	Ausentes
Femenino	9mm	Temporal derecho	Mediana	10x8	Presentes
Masculino	.22 LR	Frontal	Contacto	12x10	Presentes
Masculino	380	Parietal izquierdo	Larga	19x13	Ausentes
Masculino	9mm	Parietal izquierdo	Larga	30x11	Ausentes

Fuente: Formato para captura de datos. INCIFO.

IV. DISCUSIÓN

Nuestro país presenta un aumento importante en el número de homicidios, con un incremento de casi el 200% en los últimos 5 años en la Ciudad de México de acuerdo a los registros del Instituto de Ciencias Forenses, que, además de ser el sitio que compete a nuestra intervención en el presente estudio, es el espacio físico que recibe a la totalidad de los cadáveres que fallecieron a causa de una muerte violenta, entre las cuales, los homicidios cometidos con armas de fuego cobran especial relevancia ya que es una de las principales causas de muerte entre hombres y mujeres.^{22,25} Debido a que la estrategia de seguridad del actual gobierno no ha mostrado una reducción en los homicidios²⁵ y dada la situación actual, el estudio de las fracturas producidas por proyectil de arma de fuego en cráneo puede funcionar como un complemento para correlacionar los datos observados en tejidos blandos o como una alternativa cuando éstos últimos no están presentes.

En el presente estudio analizamos 36 casos de heridas por proyectil de arma de fuego en cráneo que ingresaron al Instituto de Ciencias Forenses en el período estipulado. El 89% de los individuos observados eran hombres, lo cual es consistente con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Así mismo, las estadísticas del país reportan una edad predominante entre los 25 a 49 años que también pudo comprobarse en el presente trabajo, observando una edad promedio de 36.7 años para los hombres, encontrándose los tres

porcentajes más altos en los rangos de 20 a 30 años de edad (42%), 31 a 40 años (22%) y 41 a 50 años (14%). En cuanto a la escolaridad y la ocupación, el presente estudio muestra que el mayor porcentaje (39%) tenía estudios de secundaria y 47% eran empleados. Ambas cifras son constantes con los datos reportados por las estadísticas generales de nuestro país.²³

De los 36 cadáveres observados, 16 casos (44%) presentaron orificio de salida, mientras que 20 casos (56%), no lo presentaron. No se encontró registro bibliográfico que evidencie el porcentaje de heridas por proyectil de arma de fuego que presentan orificio de salida.

Respecto a la distancia del disparo, el 70% fue realizado a larga distancia, siguiendo en orden de frecuencia los disparos de contacto (16%) y mediana distancia (11%). El disparo de corta distancia sólo se observó en una ocasión, localizándose en paladar duro y como resultado de un suicidio.

El hueso de la bóveda craneana en el cual se observó el mayor número de impactos fue el temporal derecho con 11 orificios de entrada (31%), seguido del occipital con 7 impactos (19%).

En cuanto a la relación de la distancia del disparo y el hueso impactado, los disparos de larga distancia impactaron con mayor frecuencia en el hueso occipital (85%). Los disparos de mediana distancia sólo se observaron en el frontal y ambos temporales. El disparo de corta distancia no se observó en huesos de la bóveda, únicamente en paladar duro. Los disparos de contacto se

observaron tanto en huesos de la bóveda en temporal derecho, occipital y frontal en orden de frecuencia y en paladar duro en dos ocasiones. No se encontró registro bibliográfico que evidencie la distancia de disparo más observada o el hueso de la bóveda impactado con mayor frecuencia.

De acuerdo al expediente del cadáver, cuatro de los seis disparos de contacto fueron debidos a un probable suicidio, lo cual corresponde al 3% del total de los suicidios con arma de fuego que se registraron en el Instituto de Ciencias Forenses.¹⁹ De acuerdo a lo descrito por *Vincent Di Maio*, el temporal derecho es el sitio más comúnmente observado en los suicidios con pistola, siguiendo en orden decreciente, la boca, el tórax y la frente.⁴ En el caso de nuestra muestra, observamos que el sitio más frecuente donde se observó el disparo por suicidio fue la boca seguido del temporal derecho.

Las fracturas radiales se observaron en más de la mitad (64%) de los impactos totales, de los cuales 70% fueron disparos de larga distancia. El hueso de la bóveda craneana en el que se observó el mayor porcentaje de fracturas radiales fue el temporal derecho, en el 82% de los impactos que recibió. De acuerdo a las características biomecánicas del hueso descritas por *Guede y cols.*, éstas pueden ser un factor involucrado en la presencia de fracturas radiales en un hueso determinado.¹¹

Las fracturas concéntricas no se observaron en más de la mitad de los impactos (67%), independientemente de la distancia del disparo o el hueso impactado.

El tamaño del orificio de entrada no mostró correspondencia en cuanto a distancia del disparo, hueso impactado y calibre del proyectil, encontrando medidas variables. De acuerdo a *Paschall, A. and Ross* es sabido que factores como los objetivos intermedios y el ángulo de incidencia del proyectil en el hueso influyen en la morfología y tamaño del orificio de entrada, por lo que estimar el calibre a partir del diámetro de la herida no es factible hasta el momento.⁹

En el caso de los proyectiles que no impactaron en la bóveda, el mayor porcentaje ocurrió en el paladar duro y, de estos, la mayoría fueron disparos de contacto. En todos los casos se presentó orificio de salida el cual se observó en parietal izquierdo en dos ocasiones y en el derecho en una. La medida del orificio de entrada fue variable y no se encontró correspondencia. Se observó similitud en el trazo de fractura irradiado del orificio de salida en los tres casos, sin embargo el tamaño de la muestra impide aseverar la existencia de un patrón.

Del total de impactos donde no hubo orificio de salida, la tercera parte ocurrió en el hueso occipital, aún cuando uno de los disparos fue de contacto. Los impactos en hueso nasal y en párpado no presentaron orificio de salida.

El calibre que se observó con mayor frecuencia en los impactos sin orificio de salida fue 9mm (30%), seguido del .22 LR (20%), que con base lo descrito por *Manzano-Trovamala y cols.*, son utilizados en armas cortas, principalmente pistola y revólver que son de uso civil y militar, y que son los más utilizados en tiroteos civiles.⁵

No observamos correlación respecto al hueso impactado, distancia del disparo, tamaño del orificio de entrada, calibre y fracturas radiales, ya que aún cuando un proyectil del mismo calibre impactó en el mismo hueso en un disparo hecho a la misma distancia, las fracturas no se observaron en todos los casos.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados de nuestro estudio observamos lo siguiente:

En concordancia con los registros estadísticos nacionales, los hombres de la tercera década de la vida son los más afectados por la violencia con armas de fuego dado que son el sector de la población más expuesto tomando en cuenta que la mayoría de los homicidios son debidos al incremento de la delincuencia en el país, y son precisamente los hombres jóvenes quienes por motivos laborales, recreativos, sociales, y por ser la población económicamente activa, están en mayor contacto.

En la mayoría de los cadáveres no se observó orificio de salida. El mayor número de impactos sin orificio de salida ocurrió en el occipital. Tomando en cuenta que el mayor número de disparos fueron realizados a larga distancia, tanto el ángulo de incidencia sobre el hueso como los objetivos intermedios son factores que influyen en la velocidad final con que el proyectil impacta el cráneo, ocasionando que finalmente no se presente orificio de salida.

Los disparos en su mayoría fueron de larga distancia y el hueso impactado con mayor frecuencia fue el temporal derecho. Debido a que las armas de fuego tienen la capacidad de producir efectos lesivos sin necesidad de tener un gran acercamiento con la víctima y, dado que las muertes en su mayoría son debidas a homicidios, el disparo a larga distancia es el más observado en estos casos.

Es posible que el hueso en el que impactó con mayor frecuencia cumpla un papel en la posición víctima-victimario que pueda estudiarse desde una perspectiva criminalística.

En más de la mitad de los casos se observaron fracturas radiales, siendo el temporal derecho el que las presentó en el mayor número de casos. La variabilidad está relacionada con las características biomecánicas del hueso que requieren un estudio a profundidad para comprender de qué manera influyen las fuerzas que actúan sobre él cuando entra en contacto con el proyectil.

A diferencia de lo que reporta la literatura en la materia, la mayor frecuencia de disparo por suicidio se observó en paladar duro, sin embargo es importante considerar el tamaño de la muestra para evitar sesgos. En todos los casos en que el orificio de entrada estaba en paladar duro, se observó orificio de salida en el parietal, y presentó fracturas radiales con un trazo similar en éste último.

La dimensión del orificio de entrada fue diferente en cada caso, independientemente de la distancia del disparo y el calibre del proyectil, por lo que las características biomecánicas de cada hueso son un factor a considerar.

El calibre observado con mayor frecuencia en los disparos sin orificio de salida fue 9mm. Dicho calibre es de uso exclusivo para el Ejército, Armada y Fuerza Aérea, lo que evidencia la gran cantidad de armas que se encuentran de forma

ilegal en manos de civiles y que contribuye al incremento de los homicidios en el país.²⁴

Con base en las características de las fracturas de cráneo observadas en el presente estudio, no fue posible correlacionar las variables que intervienen en la producción de una herida por proyectil de arma de fuego en cráneo con la presencia de algún patrón de fracturas.

VI. RECOMENDACIONES

Las investigaciones futuras pueden aportar datos más específicos respecto a las variables, eligiendo aquellas que se observaron con mayor frecuencia, es decir, tomar como referencia un único hueso, calibre y distancia.

Aumentar el tamaño de la muestra con la finalidad de observar un mayor número de casos que permita la búsqueda de un patrón en el trazo de fractura.

Considerar un análisis de fracturas radiales en casos de suicidio, ya que comúnmente estos disparos son de contacto o corta distancia, por lo que los factores que intervienen en la trayectoria del proyectil son menores y la mayoría se observan en el mismo hueso.

Realizar un estudio que considere las características biomecánicas del hueso, específicamente en aquellos en los que se observó un mayor o menor número de fracturas radiales para comprender el por qué de la diferencia.

Estandarizar los parámetros para la toma de fotografías.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ediciones Fiscales ISEF, 2019. Artículo reformado DOF 22-10-1971, 26-03-2019.
2. Dirección de Comercialización de Armamento y Municiones. Secretaría de la Defensa Nacional. (2018). [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/comercializacion-de-armas>. [Consultado 30 Sep 2018].
3. Calabuig, Gisbert. *Medicina Legal y Toxicología*. 6ª Edición. España: ElsevierMasson; 2004.
4. Vincent J.M. DiMaio. *Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*. Third Edition. U.S.: CRC Press; 2016.
5. Manzano-Trovamala, J., Guerrero, M. and Arcaute, F. *Balística: Balística de efectos o balística de las heridas*. Cirujano General. [Internet] 2001 [Consultado 5 Sep 2018]; 23(4):266-272. Disponible en: <http://www.medigraphic.com>
6. Ivo, R., Rodrigues, A., Soriano de Mello, L., Darugue, E., Rossi, A. and Bevilacqua, F. *Comparison of Gunshot Entrance Morphologies Caused by .40-Caliber Smith & Wesson, .380-Caliber, and 9-mm Luger Bullets: A Finite*

Element Analysis Study. PLoS One [Internet] 2014 [Consultado 5 Sep 2018]; 9(10). Disponible en: www.plosone.org

7. Knight Bernard. *Forensic Pathology*. Fourth Edition. London: CRC Press; 2016.

8. Stefanopoulos, P., Hadjigeorgiou, G., Filippakis, K. and Gyftokostas, D. *Gunshot wounds: A review of ballistics related to penetrating trauma*. *Journal of Acute Disease*. [Internet] 2014 [Consultado 31 Ago 2018]; 3(3):178-185. Disponible en: www.sciencedirect.com

9. Paschall, A. and Ross, A. H. *Bone Mineral density and wounding capacity of handguns: implications for estimation of caliber*. *Int J Legal Med* [Internet] 2017 [Consultado 15 Oct 2018]; 131(1):161-166. Disponible en: <https://link.springer.com>

10. Bartelink, E. *Blunt force Trauma patterns in the human skull and thorax: a case study from northern California*. At: Passalacqua, N., Rainwater, C. *Skeletal Trauma Analysis: Case studies in context*. First Edition. USA: WILEY Blackwell; 2015. P. 56-73.

11. Guede, D., González, P. and Caeiro, J.R. *Biomechanics and Bone (1): Basic concepts and classical mechanical trials*. *RevOsteoporosMetabMiner*. [Internet] 2013 [Consultado 13 Oct 2018]; 5(1): 43-50. Disponible en: http://scielo.isciii.es/pdf/romm/v5n1/en_revision1.pdf

12. Humphrey, C., Kumaratilake, J. and Hanneberg, M. *Variability of characteristics of cranial projectile trauma in skeletal material*. J. Biol. Clin. Anthropol. [Internet] 2017 [Consultado 13 Oct 2018]; 74(4):283-296. Disponible en: www.schweizerbart.de
13. Moore, K., Dalley, A. and Agur, A. *Anatomía con orientación clínica*. 8ª Edición. U.S.: Lippincott Williams & Wilkins; 2018.
14. Stephens, J.R., Holmes, S. and Evans, B.T. *Applied anatomy of the anterior cranial fossa: what can fracture patterns tell us?* Int. J. Oral Maxillofacial. [Internet] 2016 [Consultado 31 Ago 2018]; 45(3):275-278. Disponible en: [https://www.ijoms.com/article/S0901-5027\(15\)01357-0/pdf](https://www.ijoms.com/article/S0901-5027(15)01357-0/pdf)
15. Melloni, J., Dox, I., Melloni, H. and Melloni, B. *Pocket Anatomía*. 3rd Edition. Madrid: Marbán; 2016
16. Baraybar, J.P. and Kimmerle, E. *Skeletal Trauma. Identification of Injuries Resulting From Human Rights Abuse and Armed Conflict*. 1st Edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 2008.
17. Viel, G., Gehl, A. and Sperhake, J. *Intersecting fractures of the skull and gunshot wounds. Case report and literature review*. Forensic Sci Med Pathol. [Internet] 2009 [Consultado 13 Oct 2018]; 5(22):22-27. Disponible en: <https://link.springer.com>

18. Forense al máximo. (2018). *Características del paso de un proyectil sobre una superficie de cristal*. [Internet] Forensecsi.blogspot.com Disponible en: <http://forensecsi.blogspot.com/2014/09/caracteristicas-del-paso-de-un.html> [Consultado 14 Oct 2018].
19. INCIFO TSJCDMX. (2017). *Instituto de Ciencias Forenses – INCIFO*. [Internet]. Disponible en: <http://incifocdmx.gob.mx/> [Consultado 09 Nov 2018].
20. Anuario Estadístico e Indicadores de Derechos Humanos. (2018). *Indicadores de estadísticas del Instituto de Ciencias Forenses (INCIFO)*. Tribunal Superior de Justicia de la Ciudad de México. [Internet]. Disponible en: <http://www.poderjudicialcdmx.gob.mx/estadistica/anuario-2017/>
21. Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los Derechos Humanos Alto a las Armas, (2018). *Graves violaciones de derechos humanos: El tráfico legal e ilegal de armas a México*. José Antonio Guevara Bermúdez, p.3.
22. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2018). *Incidencia Delictiva del Fuero Común*. [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-del-fuero-comun?idiom=es> [Consultado 30 Sep 2018].
23. Posada, M. (2018). *Crece tasa de homicidios en 2017: Inegi*. [Internet] La Jornada. Disponible en: <http://www.jornada.com.mx/ultimas/2018/07/30/se->

cometieron-mas-de-31-mil-homicidios-en-2017-inegi-720.html [Consultado 01 Oct 2018].

24. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). [Internet]. Disponible en:http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/DefuncionesHom.asp?s=est&c=28820&proy=mortgral_dh [Consultado 01 Oct 2018].

25. Ángel, A. (2018). En 20 años aumentaron 570% los homicidios por arma de fuego en México, alertan organizaciones civiles. [Internet] Animal Político. Disponible en: <https://www.animalpolitico.com/2018/08/homicidios-arma-fuego-mexico/> [Consultado 01 Oct 2018].

26. Ángel, A. (2019). Primer bimestre de 2019, el inicio de año más violento de que se tenga registro: 5,803 personas asesinadas. [Internet] Animal Político. Disponible en: <https://www.animalpolitico.com/2019/03/homicidios-primer-bimestre-2019-violencia/> [Consultado 02 Abr 2019].

