

Análisis comparativo del micro-rayado en estrías de proyectiles calibre 7.65 milímetros y .32 de fabricación Indumil: disparados con revólver Llama Cassidy calibre .32 largo

Comparative analysis of a micro-Groove 7.65 and .32 millimeter projectile of Indumil manufacture, shot by a Cassidy .32 long Llama revolver

A análise comparativa de micro-aranhões em estrias dos projetis calibre 7.65 milímetros e .32 da manufatura Indumil: atirados com revólver Llama Cassidy calibre .32 longo

Fecha de recepción: 2017/01/17 Fecha concepto de evaluación: 2017/05/30 Fecha de aprobación: 2017/07/28

José G. Forero C.

Estudiante, Técnico profesional en Balística,
Escuela de Investigación Criminal (ESINC),
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
gabriel.forero3669@correo.policia.gov.co

José J. P. Carranza C.

Estudiante, Técnico profesional en Balística,
Escuela de Investigación Criminal (ESINC),
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
juanpablo.carranza@correo.policia.gov.co

Eulises Salbogal C.

Técnico profesional en Balística.
Perito, Laboratorio de Balística, Dirección de Investigación Criminal e Interpol,
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
eulises.salbogal@correo.policia.gov.co

Jhon C. Trujillo E.

Estudiante, Técnico profesional en Balística,
Escuela de Investigación Criminal (ESINC),
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
carlos.trujillo7845@correo.policia.gov.co

Álvaro F. Gómez C.

Estudiante, Técnico profesional en Balística,
Escuela de Investigación Criminal (ESINC),
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
alvaro.gomez8261@correo.policia.gov.co

Claudia Calixto A.

Bióloga MSc.
Asesora de Investigación, Escuela de Investigación Criminal (ESINC),
Policía Nacional de Colombia,
Bogotá, D.C., Colombia.
claudialilianaclixto@hotmail.com

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Forero, J., Trujillo, J., Carranza, J., Gómez, Á., Sabogal, E. & Calixto, C. (2018). Análisis comparativo del micro-rayado en estrías de proyectiles calibre 7.65 milímetros y .32 de fabricación Indumil: disparados con revólver Llama Cassidy calibre .32 largo. *Revista Criminalidad*, 60 (1): 33-44.

Resumen

El perito en balística de la Policía Nacional de Colombia, dentro de sus funciones, realiza el procedimiento de cotejo microscópico de vainillas y proyectiles disparados con armas de fuego, dentro del cual se encuentra el análisis de las características de clase, subclase e identidad a proyectiles cuya constitución no es la misma, como es el caso que se ha evidenciado, donde los cartuchos calibre 7.65 mm (para

pistola) son utilizados en los revólveres calibre .32 largo; el **objetivo** del estudio es efectuar un análisis comparativo del micro-rayado de las estrías entre dichos proyectiles; se utilizó el **método** de observación científica, con enfoque cuantitativo de tipo comparativo, el cual permitió evidenciar que el nivel de uniprocencias, al realizar cotejos entre estrías de proyectiles calibre 7.65 mm encamisado y .32 largo en plomo, es muy bajo;

este **resultado** se logró documentar y consolidar en una tabla de datos, que al someterla al sistema estadístico obtuvo la cuantificación, disposición y análisis de las observaciones. Se llegó a la **conclusión** de que no es viable realizar cotejos

microscópicos de proyectiles cuyas constituciones sean diferentes, como es el caso de las balas calibre 7.65 mm (encamisado) y .32 largo (plomo); de esta manera se orientan los procedimientos de los profesionales en balística.

Palabras clave

Prevención del crimen, delito, criminalidad, investigación policial, armas (fuente: Tesouro de política criminal latinoamericana - ILANUD); cotejo microscópico de proyectiles, encamisado, ánima del cañón.

Abstract

The expert in ballistics of the National Police of Colombia, among its functions is in charge of performing performs the procedure of microscopic comparison of vanillas and projectiles shot with firearms, within which is the analysis of the class, subclass and identity features of projectiles with a constitution differing from each other like in the case having been demonstrated, where 7.65 mm caliber cartridges (for pistols) are used in .32 long caliber revolvers. The **objective** of the study is to carry out a comparative analysis between micro-scratching present in these projectiles; the scientific observation **method** was used with a quantitative approach allowing for demonstrating that the level of uni procedences or uni provenances at the time of making comparisons between out grooves of

out comparing among to 7.65 mm jacketed he grooves said projectiles; the scientific observation was used, with a quantitative approach of a comparative type, which showed that the level of *uni procedences or uni provenances* at the time of carrying out en projectiles caliber 7.65 mm jacketed and .32 long lead, is very low; this **result** was documented and consolidated in a data table, which when subjected to the statistical system obtained the quantification, disposition and analysis of the observations. It was **concluded** that it is not feasible to perform microscopic comparisons of projectiles whose constitutions are different, as is the case with bullets caliber 7.65 mm (jacketed) and .32 long (lead); in this way the procedures of ballistics professionals are oriented.

Key words

Crime prevention, crime, criminality, police investigation, weapons, guns (Source: Tesouro de política criminal Latinoamericana - ILANUD); microscopic projectile comparison, jacketed, barrel bore.

Resumo

O perito na balística da Polícia Nacional da Colômbia, dentro das suas funções, faz o procedimento de comparação microscópica dos cartuchos e os projéteis disparados com armas de fogo, dentro da qual está a análise das características da classe, subclasse e da identidade aos projéteis cuja constituição não é a mesma, como é o caso que foi demonstrado, onde os cartuchos calibre 7.65 milímetros (para a pistola) são usados nos revólveres calibre .32 longo; o **objetivo** do estudo é realizar uma análise comparativa dos micro-aranhões das estrias entre estes projéteis; o **método** usado foi a observação científica, com aproximação quantitativa do tipo comparativo,

que permitiu demonstrar que o nível das uni-procedências, quando fazer comparações entre estrias dos projéteis calibre 7.65 milímetros encamisado e .32 longo em chumbo, é muito baixo; este **resultado** logrou-se documentar e consolidar em uma tabela dos dados, que quando é submetida ao sistema estatístico obteve-se a quantificação, a disposição e a análise das observações. A **conclusão** foi que não é viável fazer comparações microscópicas dos projéteis cujas constituições são diferentes, como é o caso das balas calibre 7.65 milímetros (encamisado) e .32 longo (chumbo); assim os procedimentos dos profissionais na balística são orientados.

Palavras-chave

Prevenção do crime, crime, criminalidade, investigação policial, armas (fonte: Tesouro de política criminal latinoamericana - ILANUD); comparação microscópica dos projéteis, encamisado, cano de canhão.

Introducción

Una práctica que se ha presentado a través de los años y que el profesional en balística está en la obligación de conocer, lo constituye el hecho que autores materiales del delito utilizan la munición calibre 7.65 milímetros (mm) en el revólver calibre .32 largo. Al realizar este tipo de intercambio de municiones, y ante una eventual investigación penal, es probable que se desvíe el curso de las pesquisas y se incline al investigador hacia la búsqueda de un arma tipo pistola, calibre 7.65 mm, la cual nunca originó los disparos, los cuales, por familiaridad de calibres, se efectuaron con un revólver.

En Colombia es común encontrar revólveres marca Llama, modelo Cassidy, calibre .32 largo, utilizados, por lo general, para actividades delictivas, como lo evidencian los registros contenidos en el Sistema de Información Estadístico Delincuencial y Contravencional (Siedco) de la Policía Nacional de Colombia¹, para el periodo comprendido entre los años 2003 a 2016, el cual da cuenta de 4.439 revólveres marca Llama, calibre .32 largo, incautados.

Una de las problemáticas que enfrenta actualmente el profesional en el campo, al desarrollar una comparación balística, es la ausencia de información en lo que respecta a las características individualizantes de estos proyectiles (plomo y encamisado), disparados con un arma tipo revólver calibre .32 largo. De acuerdo con lo anterior, es posible disparar munición calibre 7.65 milímetros con un revólver marca Llama, modelo Cassidy, calibre .32 largo; es así como surge la necesidad de investigar cuáles son las características de identidad en el micro-rayado que imprime el revólver marca Llama, modelo Cassidy, calibre .32 largo al disparar proyectiles calibre .32 largo en plomo y calibre 7.65 mm encamisado de fabricación Indumil.

Lo que se pretende con esta investigación es orientar al perito en balística en la identificación de proyectiles con las características mencionadas al momento de realizar un cotejo microscópico, en el evento de que no cuente con los elementos identificativos pertinentes, particularmente cuando el proyectil patrón e inculpatado se encuentre fabricado en diferentes metales, como es el caso del calibre 7.65 mm encamisado latón militar y el calibre .32 largo en aleación de plomo.

Para la presente investigación se tomaron diferentes documentos relacionados con el tema y se partió de la base científica; según Puerto (2009) la balística instrumental pretende la identificación del arma de

fuego por su proyectil (p. 377). En su concepto, el curso 007 técnico profesional en balística (2007), a través de su trabajo titulado *Balística identificativa en proyectiles 9x19 milímetros, disparados en pistola CZ, Prieto Beretta y Mini Uzi en superficies de vidrio*, asevera que: la balística identificativa se fundamenta en el estudio de proyectiles y vainillas con el propósito de encontrar uniprocedencia entre los mismos (p.30), igual afirmación realiza Vidrio (2007): las características individuales son las particularidades únicas y especiales de cada proyectil disparado por un arma de fuego, las cuales son transferidas haciendo posible la identificación técnica y forense de las armas de fuego (p. 339), a su vez Jiménez (2011) expresa que: el proyectil, después de recorrer el ánima del cañón, se convierte en el negativo de este (p. 9). Es así que no hay dos armas de fuego de igual marca y modelo que, aun siendo producidas consecutivamente con la misma herramienta, dejen idénticas características individualizantes sobre el proyectil (Ushiña, 2009, p. 38).

En ese sentido Méndez, Rivera y Soto (2012) hacen referencia a la actividad de cotejo microscópico como la comparación de dos proyectiles, el patrón y el inculpatado, cuyo objeto es hallar similitudes entre las marcas que presentan y determinar si provienen de la misma arma (p. 123), asimismo la Fiscalía General de la Nación (2005), en su manual *Balística forense*, menciona que se deben cotejar entre sí los proyectiles con la ayuda del macroscopio de comparación balística, el cual permite la observación simultánea de dos proyectiles para la búsqueda de señales individualizantes que determinen si fueron disparados por la misma arma (pp. 14-15).

En concordancia con Aragón (1996), el estudio microscópico comparativo se fundamenta en el hecho de que toda arma al momento de su fabricación obtiene características propias que la individualizan de las demás (p. 24), por su parte Maza (2000), en su *Manual de Criminalística*, esgrime que al comparar las estrías de dos proyectiles diferentes se puede llegar a la conclusión que son disparados por la misma arma, si se encuentran características iguales en cada una de estos (p. 40), término acuñado por Angulo (2010) quien expone que las estrías tienen un desgaste natural por los disparos del arma, estas características quedan marcadas en el interior del cañón, después se transfieren a la superficie del proyectil lo que determina su identificación con relación al arma que lo disparó (p. 587). Asimismo, Ramos (2002) expone los principios de identificación e individualización de los proyectiles basándose en la existencia de zonas con micro-rayado dejado sobre el cuerpo longitudinal de un proyectil por el ánima del cañón (p. 113).

¹ Base de datos de información estadística que recopila información de delitos, contravenciones y actividad operativa realizada por la Policía Nacional de Colombia en todo el territorio nacional.

En contraste, Ruiz (2008) manifiesta que: toda arma de fuego al momento de ser fabricada adquiere características propias que la hacen única y diferente de otras armas y, a su vez, estas son transferidas a las vainillas como a los proyectiles (p. 58); de la misma manera, Riaño y Morales (2010) expresan que la balística identificativa es el estudio microscópico de vainillas y proyectiles, basado en el principio de individualización de las armas de fuego, las cuales al momento de producirse el disparo transfieren tanto al proyectil como a la vainilla características identificativas (p. 1893).

Por su parte, Méndez, Rivera y Soto (2010) en su texto hacen un reconocimiento a las marcas o características impresas por el interior del cañón a los proyectiles, las cuales conducirían a identificar cada arma de manera efectiva (p. 229), estas características microscópicas, según Agudelo, Ceballos y Labrado (1997), son propias del ánima o interior del cañón y quedan impresas en el proyectil como estrías y macizos debido al paso forzado del proyectil por el cañón (p. 35). En este sentido, Accorinti y Otero (2014) exponen que “esas características se observan perfectamente y su evaluación cuali-cuantitativa por parte de un experto permite arribar a una determinada condición de identidad” (p. 38).

En correspondencia, Thompson (2010) manifiesta que debido a la presión extrema producida por los gases causados por la deflagración del propelente, hace que la parte trasera del proyectil se deforme ligeramente y se dilate para llenar el interior del cañón; esta deformación ayuda a sellar los gases detrás del proyectil, lo cual hace que en esta zona se transfiera mejor micro-rayado (p. 15).

Otra terminología empleada por Zuluaga (2000) en su estudio sobre proyectiles establece que en estos se evidencian características específicas, las cuales aparecen cuando han sido disparados, y pueden ser deformaciones, impregnaciones, rayas, estrías y macizos (p. 143); en contexto, Howitt, Tulleners, Cebra y Chen (2008) establecen que las mejores marcas de micro-rayado se imprimen sobre la base de los proyectiles (p. 1).

De acuerdo con otros autores, como Hamby (2009), quien ha expuesto que a partir de las marcas de herramientas es posible o no identificar las armas utilizadas, al evaluar dichas características mediante una comparación óptica de microscopio (p. 99); al conservar este planteamiento, Nichols (2015) asevera la teoría sobre la identificación de marcas de herramientas en la que se debe comprobar, a través de un examen comparativo de dos o más conjuntos de patrones, que su superficie conste de picos individuales, crestas y surcos, con altura relativa, profundidad, anchura, curvatura y relación espacial (p. 2).

En otras investigaciones, como la de Gallego (1996), este menciona que para identificar un proyectil disparado por un arma de fuego se debe tener en cuenta el número de estrías, anchura y sentido de rotación de las mismas, huellas producidas por el interior del cañón (pp. 20-21), paralelamente, en este sentido Amador, Mendivelso y Salamanca (1998) afirman que las herramientas utilizadas para tallar el interior del cañón le conceden a cada arma características individualizantes que las hace únicas (p. 11).

Con otra terminología, relacionada por Rodrigues y Gonsales (1998), se definen como características específicas aquellas deformaciones, impregnaciones, rayas, estrías o macizos que presenta el proyectil al ser disparado (p. 22); según Di Maio (2007), las marcas del proyectil en plomo son más distintivas que las encontradas en las balas encamisadas, porque la coraza del metal es muy dura y esto hace que sea menos probable que se vean sus marcas de estriado (p. 73); con el fin de realizar una excelente pericia en proyectiles, Gamarra (2014) expone la identificación inmediata al tener en cuenta la morfología, tamaño, constitución (Pb desnudo, encamisada, semiencajada, baño electrolítico), cantidad y sentido de estrías (p. 47).

La Fiscalía General de la Nación (2005), en su protocolo FGN-ESC-PB-02, 2005, establece como criterio de identificación el hallazgo de mínimo ocho coincidencias consecutivas en una sola estría (citado por Cano Noreña, 2013, p. 91). The Association of Firearm and Tool Mark Examiners (2013), AFTE, en su página de internet relaciona la identificación de las armas de fuego como una ciencia comparativa de dos niveles, las características de clase y las individuales, en estas últimas el examinador se basa para emitir sus dictámenes de uniprocedencia.

Al ahondar en el cotejo microscópico se encuentra el método Consecutive Matching Striations (CMS), definido por Roa y Valencia (2001) como los micro-rayados que consecutivamente se alinean en la superficie de los proyectiles sin ninguna clase de interrupción (p. 42); por su parte, referencia Triviño, Tulcán, Alfonso, Hernández y García (2009) el método adoptado por Brus Moran, quien expone en su teoría que el micro-rayado se divide en dos fases: de segunda dimensión, que debe tener mínimo un grupo de ocho rayas o dos grupos de mínimo cinco rayas cada uno, y tercera dimensión, que debe tener mínimo un grupo de seis rayas o dos grupos de mínimo tres rayas cada uno (pp. 79-81).

Sobre el tema, Biasotti, Murdock, Faigman, Kaye, Saks, Sanders, citados por Scientific Working Group for Firearms and Toolmarks (SWG-GUN) y The Association of Firearm and Tool Mark Examiners (AFTE) (2011), exponen la teoría de CMS con la cual

se logra la identificación de los proyectiles de las armas de fuego con un sistema cuantitativo en segunda y tercera dimensión (p. 73); en este sentido, Steele (2015) manifiesta que cuando se realiza este tipo de comparaciones el examinador puede llegar a esta clase de conclusiones: 1. Identificación, 2. Eliminación, 3. No concluyente, 4. Inadecuado para la comparación microscópica (p. 19).

Según lo expuesto, en el artículo de Richard Grzybowski (2015) este refiere que los métodos utilizados por los examinadores de armas y marcas de herramientas cumplen con los criterios para la identificación de las armas de fuego por los proyectiles disparados (p. 1). Se evidencia que el proceso de cotejo microscópico de proyectiles no ha variado, toda vez que la Asociación de Examinadores de Armas de Fuego y Marcas de Herramientas, el 23 de diciembre de 2015 respondió al Consejo Presidencial de Asesores en Ciencia y Tecnología de Estados Unidos sobre la literatura científica aplicada a la ciencia forense y a la práctica AFTE (2015).

Llegados a este punto, Zuluaga (2000) afirma que los autores materiales del delito utilizan la munición calibre 7.65 mm en el revólver calibre .32 largo (p. 31); de acuerdo con lo expuesto por Ruiz (2008): “en diligencia realizada se encontró un revólver calibre .32 largo, al cual le habían acondicionado unas láminas metálicas enrolladas en cada uno de los alvéolos, la cual permitía usar cartuchos calibre 7.65 milímetros” (p. 101). Para estos casos se tiene que el calibre en las armas de fuego, según Manzano, Guerrero y Arcaute (2001), refiere al diámetro interior del cañón y se mide en milímetros o en fracciones decimales de pulgada (p. 5).

De la misma forma, Di Maio (2007) afirma que: “Ciertas armas pueden cargar y disparar munición de un calibre diferente de aquel para el cual fueron concebidas [...]. Algunas pistolas automáticas son capaces de disparar munición de revólver y algunos revólveres pueden disparar munición automática [...]. El revólver calibre .32 es bien conocido por su habilidad para cargar y disparar el cartucho automático con semi-reborde .32 ACP” (p. 405). Lo anterior, a diferencia de lo expuesto por Sporting Arms and Ammunition Manufacturers Institute, INC. (2015), quienes recomiendan no utilizar munición para pistola en lugar de cartuchos para revólver (p. 4).

Al hacer referencia a esta arma, la Industria Militar de Colombia –Indumil– (2015a) relaciona en su catálogo de productos el revólver marca Llama, modelo Cassidy, calibre .32 largo, con una longitud del cañón de tres pulgadas, capacidad de carga de seis cartuchos y un alcance efectivo de 30 metros. Para este revólver, Indumil fabrica el cartucho calibre .32 largo, con una longitud de 32 mm. También produce

la munición calibre 7.65 milímetros (Indumil, 2015b), diseñada para pistola, con una longitud de 24.4 mm.

Al comparar el micro-rayado de los proyectiles calibre .32 largo y calibre 7.65 mm es necesario la utilización del microscopio de comparación balística marca Leica FSC. Leica Microsystems (2015) lo relaciona como un instrumento de comparación de imágenes yuxtapuestas, o superpuestas, para analizar cabellos, fibras, proyectiles o huellas de herramientas.

De acuerdo con lo anterior, la presente investigación tiene por objetivo realizar un análisis comparativo del micro-rayado en proyectiles calibre 7.65 milímetros y .32 largo de fabricación Indumil, disparados con revólver Llama Cassidy calibre .32 largo; lo anterior pretende suministrar a los peritos en balística un estudio de carácter científico que sustente el desarrollo de sus dictámenes, toda vez que los resultados obtenidos permitirán a los intervinientes del proceso penal el esclarecimiento de las conductas punibles.

Método

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que permite la recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comparación (Hernández, Fernández & Baptista, 2010, p. 4). Asimismo, el tipo de investigación empleado es comparativo, ya que se buscó analizar las diferencias y/o similitudes del micro-rayado de los proyectiles calibre 7.65 mm (encamisado con núcleo en plomo) y .32 largo (plomo desnudo) disparados con revólver Llama Cassidy calibre .32 largo.

Variables de estudio o análisis

Se tomaron como variables de estudio el micro-rayado impreso en las estrías de los proyectiles calibre 7.65 mm y calibre .32 largo, disparados con el revólver Llama Cassidy calibre .32 largo, con el fin de analizar las diferencias y/o similitudes de las características de los micro-rayados a través de la presencia o ausencia de las mismas, para lo cual se utilizó el método Consecutive Matching Striations (CMS).

Población y muestra

Para la selección de la muestra se recibió la donación de munición por parte del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, seccional Bogotá, representada en veinte (20) cartuchos calibre 7.65 mm y veinte (20) cartuchos calibre .32 largo de fabricación Indumil. Este muestreo es no probabilístico

intencional, debido a que “la elección de estos elementos que hacen parte de la muestra no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra” (Hernández *et al.*, 2010, p. 176).

Instrumentos

Para la recolección de la información se elaboró y diligenció una tabla dinámica diseñada con el programa Excel, aplicación que organiza datos numéricos o de texto en hojas de cálculo Office, 2015.

Una vez obtenidos los datos, estos fueron analizados mediante el *software* SPSS, con el cual se prevé con seguridad lo que va a ocurrir para poder tomar decisiones más pertinentes, lo que permitirá resolver problemas y mejorar los resultados (International Business Machines Corp. IBM, 2015, párrafo 1). Inicialmente se evaluó la normalidad de las muestras con Kolmogorov – Smirnov, la cual compara la función de distribución acumulada (IBM Knowledge Center, 2012, párrafo 1) y en función de los resultados se realizó el análisis estadístico con χ^2 o T de Student para muestras no relacionales, el cual se encuentra inmerso en el *software*.

Procedimiento

Para llevar a cabo la investigación se realizó el siguiente procedimiento en tres fases:

Fase 1. Campo. Se identificó la cantidad de patrones de proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo necesarios para realizar el análisis. Se efectuó el procedimiento de toma de patrones usando el revólver marca Llama Cassidy calibre .32 largo en el recuperador de proyectiles en agua, lo cual fue ejecutado en el Instituto Colombiano de Medicina Legal y Ciencias Forenses, seccional Bogotá.

Fase 2. Laboratorio. Estas muestras fueron llevadas a la zona analítica del laboratorio de balística, donde se realizó marcación con lápiz eléctrico a cada uno de los proyectiles, y se siguió la secuencia de disparo tal como fueron obtenidos.

Seguidamente, en el área de microscopía, se utilizó del Método de Goddar y White (comparador balístico), que es un sistema de gran utilidad y todavía es considerado uno de los más importantes para detectar las características específicas de los proyectiles (Mauricio, 2013, p. 65), y el microscopio de comparación balística Leica FSC, donde se realizaron las confrontaciones según Firearm Examiner Training (2015) de características físicas de clase, subclase e identificativas en estrías, con el objeto de encontrar la uniprocedencia entre surcos (párrafo 1), y de esta

forma se logró la identificación de la primera estría en cada uno de los cuarenta proyectiles y, a su vez, se unificó el criterio de rotación de los mismos al realizar un desenvolvimiento consecutivo de los proyectiles sobre su propio eje con giro hacia el analista, asignándole así un número consecutivo a cada estría e iniciando por el dígito uno hasta llegar al número seis.

Con el propósito de iniciar el análisis comparativo, se instalaron en el portaobjetos del lado izquierdo del microscopio los proyectiles calibre 7.65 mm, los cuales se confrontaron del uno al veinte con el primero de calibre .32 largo; se repitió este procedimiento con los diecinueve proyectiles restantes hasta completar las 2.400 comparaciones posibles entre estrías de las muestras objeto de estudio. Este procedimiento se llevó a cabo en los laboratorios balísticos de la Dirección de Investigación Criminal e Interpol y la seccional de Investigación Criminal de la Policía Metropolitana de Bogotá.

Fase 3. Análisis de resultados. Se insertaron los datos obtenidos de las observaciones de los cotejos en la tabla dinámica de Excel, lo que permitió desarrollar las interpretaciones de resultados con el *software* SPSS.

Resultados

Mediante la observación directa se logró diferenciar dos características particulares sobre la superficie de los proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo, las cuales fueron denominadas por el grupo de trabajo como: deslizamiento y desplazamiento. La primera refiere aquella deformación de las estrías que no permiten su continuidad longitudinal, y la segunda corresponde a deformación plástica del latón que hace depresiones o desigualdades en las estrías; en algunos casos, aunque presentó micro-rayado, no fue repetible ni reproducible, razón por la cual no fue posible lograr su identificación (calibre 7.65 mm) y en otros la superficie era totalmente irregular (calibre .32 largo). En relación con lo anterior, Di Maio (2007) asevera que los proyectiles disparados por revólveres pueden mostrar marcas de deslizamiento, las cuales ocurren cuando el proyectil salta el espacio entre el tambor y el cañón, y golpea así los macizos, el proyectil se resiste al giro y se desliza (p. 74).

Una vez analizadas las características que se presentaron, mediante el *software* estadístico SPSS, se determinó que el desplazamiento en los proyectiles calibre .32 largo estuvo presente en 73 estrías, que corresponden al 61%; a su vez, no se presentó esta particularidad en 47 estrías, que equivalen al 39%. De igual forma, en los proyectiles calibre 7.65 mm se presentó desplazamiento en 69 estrías, que equivalen al 57%, y no estuvo presente en 51 estrías (43%).

La característica de deslizamiento en los proyectiles .32 largo se registró en 50 estrías, equivalentes al 42%; en 70 (58%) no estuvo presente. En los proyectiles calibre 7.65 mm esta particularidad estuvo presente en 116 estrías, que corresponden al 97%, y fue ausente en 4, que hacen referencia al 3%.

Los proyectiles calibre 7.65 mm, disparados con revólver calibre .32 largo, obtenidos para análisis, presentaron los siguientes caracteres:

- Se halló una fractura en el material (fractura dúctil del latón) que recubre el núcleo en algunos proyectiles encamisados; la mencionada fisura está ubicada en el inicio de la forma ojival del proyectil, según el libro *Mecánica de fractura* esto se debe al sometimiento del material a tensiones más allá de su propiedad elástica, lo cual hace que se divida (Arana & González, 2002 p. 149).
- Se observó una cintura o angostamiento por un costado del cuerpo cilíndrico del proyectil, donde las estrías y macizos se unen y no logran diferenciarse entre sí, de la misma forma el micro-rayado en dichas zonas es escaso, lo que dificulta las comparaciones microscópicas.
- Se detectó que la mayoría de las estrías de los proyectiles encamisados no continúan con su morfología longitudinal tradicional, o típica, sino que estas se deslizan y hacen una forma ondulada y terminan en “>”.

Cabe mencionar que, en algunos proyectiles, el micro-rayado de las estrías llegó hasta su parte ojival, aunque en esta zona la cantidad fue escasa.

Por su parte, los proyectiles calibre .32 largo sufrieron otras alteraciones, como zonas de superficie irregular que carecen en su totalidad de micro-rayado (desplazamiento), lo que obstaculiza la visualización de las texturas finas que caracterizan las uniones entre estrías y macizos, y evita diferenciar los unos de los otros. De igual forma, en algunas estrías la transferencia de micro-rayado del cañón al proyectil fue poco visible o insuficiente para realizar las comparaciones, aunque en estas zonas se distinguió bien tanto el ancho como el largo de las estrías.

Paralelamente, se percibió que la dirección longitudinal de las estrías en algunos casos se desvía y no conserva su rotación de izquierda a derecha. Asimismo, se observó que la zona de los proyectiles donde es más deficiente el micro-rayado es en la base, lugar en el cual es menor la cantidad de características reproducibles y repetibles.

Con el propósito de analizar si este tipo de anomalías en los proyectiles fueron causadas por la fatiga del material del arma utilizada, se inspeccionó de forma minuciosa, con una lupa estereoscópica,

el revólver, con el objeto de encontrar desgastes excesivos, fracturas, fatigas del material, dilataciones o cualquier otra propiedad física del metal que pueda alterar los proyectiles; al término de esta observación no se halló ninguna anomalía en el arma.

Una vez realizadas las confrontaciones entre los proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo se notó que las estrías de los calibre 7.65 mm son más anchas que las de los proyectiles calibre .32 largo; lo anterior se presenta debido a que las mediciones físicas de los proyectiles permitieron establecer que los de calibre 7.65 mm son más cortos y livianos (menos masa) que los de calibre .32 largo.

En lo que se refiere al diámetro de los proyectiles, se logró detectar que existe una variación significativa entre el calibre 7.65 mm y el .32 largo, debido al proceso de elaboración de la casa fabricante.

Una vez analizadas las 2.400 comparaciones entre las estrías de los proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo con el *software* SPSS se obtuvo como resultados: el proyectil 1, calibre .32 largo, frente a los 20 proyectiles calibre 7.65 mm tuvo un porcentaje de uniprocedencia del 9,17% y no coincidencia del 90,83%; proyectil 2, adquirió uniprocedencia del 19,17% y no coincidencia del 80,83%; proyectil 3, uniprocedencia del 9,17% y no coincidencia del 90,83%; proyectil 4, porcentaje de coincidencias del 4,17% y diferencias del 95,83%; proyectil 5, similitudes del 19,17% y diferencias del 80,83%; proyectil 6, correspondencia del 10,83% y diferencia del 89,17%; proyectil 7, uniprocedencia del 10,83% y no coincidencia del 72,50%; proyectil 8, coincidencias del 28,33% y diferencias del 71,67%. Algo parecido sucedió en el proyectil 9, con un porcentaje de coincidencias del 1,67% y divergencias del 98,33%; proyectil 10, correspondencias en 15,00% y diferencias en 85,00%; proyectil 11, uniprocedencia del 25,83% y no coexistencia del 74,17%; proyectil 12, coincidencias del 4,17% y diferencias del 95,83%; proyectil 13, coincidencias del 25,83% y divergencias del 74,17%; el proyectil 14 obtuvo igualdades del 10,83% y diferencias del 89,17%; proyectil 15, uniprocedencia del 4,17% y no coexistencia del 95,83%; proyectil 16, coincidencias del 15,00% y desacuerdos del 85,00%; proyectil 17, similitudes del 8,33% y discrepancias del 91,67%; proyectil 18, uniprocedencia del 13,33% y no coexistencia del 86,67%; proyectil 19, coincidencias del 20,83% y desacuerdos del 79,17%; finalmente, con el proyectil 20 el porcentaje de coincidencias fue del 3,33% y divergencias del 96,67%.

Lo anterior en concordancia con la utilización de los criterios de identificación del método CMS y partiendo de la primera variable utilizada, grupos de dos dimensiones (2D); en este sentido se estableció que el 86,21% de la población escogida no cumplió

y el 12,96% cuenta con los requisitos exigidos para establecer uniprocedencias entre dos proyectiles.

Ahora los resultados obtenidos por el *software* respecto a la segunda variable, características de tres dimensiones (3D) del método de identificación CMS que se presentaron en las 2.400 comparaciones con respecto al proyectil número 1, calibre .32 largo, frente a los 20 proyectiles calibre 7.65 mm, se logró determinar que el porcentaje de uniprocedencias es del 0,83% y no coincidencias del 99,17%. Por su parte, en el proyectil 13 el estándar de similitudes fue del 0,83% y no coincidencias del 99,17%. No obstante, en los 18 proyectiles calibre .32 largo restantes, comparados cada uno con los 20 proyectiles calibre 7.65 mm, no se hallaron coincidencias; por consiguiente, se estableció que, de la población utilizada para análisis, el porcentaje de no coincidencias en los grupos de 3D fue del 99,92% frente al 0,08% de concordancias.

Discusión

Según la pregunta planteada para la investigación, se establece lo siguiente:

A pesar de que a los proyectiles en plomo y encamisados, disparados con el revólver Llama, en un alto porcentaje se les imprimieron características de micro-rayado en las estrías, estas no necesariamente fueron individualizantes o aptas para determinar uniprocedencias; lo expuesto difiere de Hamby (2009), quien afirmó que, al disparar un arma de fuego en varias oportunidades consecutivas, esta sigue dejando características individualizantes (p. 99).

Es así como se maneja la hipótesis del origen de los siguientes caracteres en los proyectiles encamisados; en primer lugar, se analizó el desplazamiento causado por la diferencia de longitud del cartucho 7.65 mm, que tiene un largo de 24.38 mm, en contraste con la longitud del tambor del arma de fuego, que es de 40.03 mm, lo que causa una diferencia significativa en el interior del alvéolo de 17.14 mm; distancia que recorre dicho proyectil sin ajuste ni dirección, y al momento de encajar en el cañón se producen este tipo de características en diferentes lugares del cuerpo del proyectil. En este sentido, esta munición es elaborada para armas de fuego automáticas o semiautomáticas y no para revólver.

Por otra parte, el cartucho .32 largo posee una longitud de 32.60 mm, en discrepancia con la extensión del tambor del arma, que es de 40.03 mm, lo que produjo un desacuerdo en el interior del alvéolo de 7.43 mm; distancia que recorre el proyectil en forma irregular, siendo esta menor que la recorrida por el calibre 7.65 mm que asciende a 17.14 mm.

A diferencia de las características de deslizamiento que se presentaron en los dos calibres por la falta de ajuste de los proyectiles a las paredes internas del cañón, se produjo que la bala se mueva en forma irregular mientras se desplaza por el interior del mismo a consecuencia de la falta de exactitud en el diámetro del proyectil al momento de su elaboración; otro fenómeno causado por esta anomalía es el desvío de la dirección longitudinal de algunas estrías, que no conservaron su rotación de izquierda a derecha.

Con respecto a la cintura, o angostamiento, posiblemente fue producida por la excesiva presión de los gases en la base del proyectil, el cual, al desplazarse, golpeó en las paredes internas del cañón y produjo esta anomalía, lo que dificultó las comparaciones debido a que obstaculizó la visualización de las texturas finas que caracterizan las uniones entre estrías y macizos, y evitó su diferenciación.

A la postre se concluyó que la forma ondulada y la terminación en “>” presentes en las estrías de los proyectiles calibre 7.65 mm fue ocasionada por la falta de ajuste del proyectil a las paredes internas de los alvéolos y del cañón; efecto que también pudo influir para que el micro-rayado en algunos proyectiles llegara hasta su parte ojival.

De igual manera, en los proyectiles donde se marcó bien el ancho y largo en algunas estrías con micro-rayado escaso, se pudo inferir que se presentó a causa de la munición correspondiente al calibre del arma de fuego y el micro-rayado fue insuficiente por el posible desgaste del ánima del cañón y la excesiva maleabilidad que presenta el plomo.

Como consecuencia, se determinó que en los proyectiles calibre .32 largo no siempre se transfieren las mejores marcas de micro-rayado sobre la base de los proyectiles, a causa de la reducción milimétrica que tienen en dicha zona; lo anterior se debe a que el plomo, por ser maleable y al encontrarse esta zona dentro de la vainilla, hace que su diámetro sea milimétricamente menor y esta área no tenga la fricción necesaria sobre las paredes internas del cañón (ánima), a diferencia de lo manifestado por Howitt, Tulleners, Cebra y Chen (2008), quienes afirmaron que sobre la base de los proyectiles es donde se imprimen las mejores marcas de micro-rayado (p. 1).

En vista de lo expresado por Thompson, Miller, Ols y Budden (2002), quienes afirman que en algunos casos la acumulación de suciedad y residuos puede tener un impacto en la transferencia del micro-rayado a los proyectiles (p. 7), para reducir esta consecuencia al momento de obtener las muestras objeto de análisis de la presente investigación se realizó limpieza del cañón entre disparo y disparo.

A pesar de que en la utilización de la microscopía focal, como lo expone National Institute of Standards and Technology (2015), la determinación de la continuidad del micro-rayado y la diferenciación de los grupos se hace compleja por la superficie curva y la determinación visual de la profundidad (p. 2), el equipo de trabajo analizó cuidadosamente cada zona en las estrías con el propósito de reducir este inconveniente al momento de las comparaciones y evitar dar una percepción equivocada de las observaciones.

Ahora bien, al remitirse a lo mencionado por Uchiyama (2008), quien asevera que el diámetro, peso y/o velocidad de los proyectiles afecta la reproducibilidad del micro-rayado de referencia para cotejo (p. 12), dicha afirmación puede ser válida al tener en cuenta que todos los cartuchos objeto de análisis no poseían el mismo peso exacto sino que, por el contrario, existían variaciones en el mismo que pudieron afectar los factores mencionados por Uchiyama.

Al tener presentes los resultados, se puede responder la pregunta que se plantea Schwartz (2005), ¿cuál es la probabilidad de que las marcas creadas por una herramienta sospechosa del mismo tipo, seleccionada al azar, coincidan con las características de la marca de herramientas visibles en la evidencia? (p. 1); para la presente investigación, dicha probabilidad es del 12,96%, por la complejidad de los materiales constitutivos de los proyectiles.

Al llegar a este punto, es preciso estudiar si la longitud de los proyectiles influye en la ubicación topográfica del micro-rayado individualizante y, a su vez, en el resultado subjetivo de uniprocedencia o falta de concordancias que el investigador ha asignado a cada estría; en este sentido, al iniciar las comparaciones se tomó como punto de referencia desde la base hasta llegar a la punta de los proyectiles, allí se pudo evidenciar que las estrías del calibre 7.65 mm son más cortas, lo que hace que a medida que avanza la comparación el micro-rayado es físicamente igual pero en el espacio no se encuentre ubicado en el mismo lugar. Dicho lo anterior, no se puede determinar como no concluyente este micro-rayado, al tener en cuenta que ambos proyectiles recorrieron la totalidad del ánima del cañón y aunque longitudinalmente no se encuentren en el mismo lugar, las características de uniprocedencia sí les fueron transmitidas a las estrías.

Ahora se puede decir que durante el transcurso de las comparaciones realizadas entre las estrías de los proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo fueron halladas, en cantidades considerables, características de dos dimensiones semejantes en ambos proyectiles, pero a pesar que su morfología eran idénticas en el

latón y el plomo; al realizar su conteo con el propósito de ubicar los grupos exigidos por el método CMS se encontró que cuando se trataba de ubicar un grupo de características, estas no superaban las siete, y en el momento de buscar el segundo criterio consistente en dos grupos de cinco características, en esta eventualidad solo se hallaba un conjunto, sin cumplir así el criterio.

Como se pudo observar, las características de tres dimensiones transferidas por el cañón a los proyectiles fueron muy escasas o imperceptibles; esto teniendo en cuenta que dichos caracteres son transferidos por la propiedad mecánica de presión; ahora, el paso del proyectil por el ánima del cañón se da debido a la fricción, definida como una marca de herramienta, la cual deja características en dos dimensiones que son más perceptibles al visualizarlas con instrumentos especializados, como el microscopio de comparación balística.

A pesar de que los 40 proyectiles fueron disparados con una misma arma de fuego, esto no fue suficiente para que el cañón utilizado estampara las características propias adquiridas en su fabricación. Como lo menciona Chinchilla (2008) en su trabajo de grado: la utilización de las huellas balísticas es determinante para identificar armas de fuego que participan en hechos delictivos; además resalta que estas particularidades quedan como microlesiones en los proyectiles y vainillas dejadas por parte del arma de fuego (p. 15). En este sentido, la cantidad de características dejadas en las estrías no fueron suficientes para cumplir con los criterios de identificación del método (CMS), en el cual se delimitan grupos de micro-rayado en 2D y 3D para lograr uniprocedencia entre proyectiles (Biasotti, Murdock & Moran citados por Petraco, *et al.*, 2012, pp. 15-16).

En concordancia con Howitt, Tulleners, Cebra y Chen (2008), estos afirmaron que el ancho de una serie de líneas individuales debe ser igual a la distancia de separación y que solo es observado microscópicamente (p. 1).

Conclusiones

Se pudo apreciar que el nivel de coincidencias del micro-rayado en dos dimensiones entre los proyectiles calibre 7.65 mm y .32 largo es demasiado bajo para la presente investigación, al tener en cuenta las variables de los componentes de las dos municiones; por ende, su sustentación ante un estrado judicial, aunque no carezca de validez, es tediosa al momento de explicar las variables tenidas en cuenta en la discusión.

Con respecto a las consecuencias de los caracteres de 3D en las estrías, los análisis de uniprocedencias no alcanzaron el 1%; probabilidad demasiado baja para comprometerse a emitir conceptos en este tipo de comparaciones.

Hay que tener en cuenta que, al momento de realizar este tipo de cotejos, la ubicación longitudinal del micro-rayado dentro de la estría puede variar milimétricamente sin que afecte la determinación del perito en dar uniprocedencias, lo que se hace indispensable es no pasar por alto el estricto cumplimiento del criterio CMS para 2 y 3 dimensiones.

Para la presente investigación no es aconsejable la utilización del método expuesto por la Asociación de Examinadores de Armas de Fuego y Marcas de Herramientas (AFTE), donde se registra que supere el suficiente acuerdo, siendo así un método exclusivamente subjetivo del examinador, y se aleja así de la utilización de un método estadístico sin el cual no se hubiera podido obtener y graficar los resultados.

Por lo anterior, se recomienda no utilizar munición para armas de tipo automática o semiautomática en armas de fuego de repetición, como el revólver, así pertenezcan a la misma familiaridad de calibres, con el propósito de evitar lesiones al operario y daños al arma, debido a que todos los elementos constitutivos de la munición (vainilla, fulminante, pólvora y proyectil) son totalmente diferentes, aun conociendo que en la presente investigación no se presentó anomalía al respecto, pero existe la probabilidad de que al encontrarse la recámara separada del cañón se escapen los gases impulsores y se provoquen diferentes tipos de fallas.

Además, es útil para futuras investigaciones continuar con el análisis de los macizos presentes en los proyectiles, con el fin de observar si conservan las mismas frecuencias de uniprocedencias arrojadas por el *software* SPSS, aun con el conocimiento de que en estas, el cañón del arma ejerce menor fricción sobre la superficie del proyectil.

Se considera pertinente que el perito en balística, al momento de realizar un cotejo microscópico de proyectiles de diferentes materiales (plomo y encamisado), tenga en cuenta las características descritas en la presente investigación.

Teniendo en cuenta las características de desplazamiento y deslizamiento, presentes en los proyectiles calibre 7.65 mm, el experto en balística, una vez inicie con las observaciones en el microscopio de comparación y luego de distinguir los mencionados caracteres, puede orientar al investigador líder del caso, indicándole que dichos proyectiles recuperados como Elementos Materiales Probatorios o Evidencia

Física (EMP o EF) no fueron disparados por un arma automática o semiautomática sino por un revólver.

Es de imperiosa necesidad aplicar, en este tipo de cotejos microscópicos de proyectiles, un método cuantitativo de las características identificativas halladas en común, con el propósito de reducir al máximo el margen de error que se pueda presentar, y dejar así de lado la subjetividad del perito.

Referencias

- Accorinti, J. P. & Otero, B. (2014). La justicia en manos de la ciencia. *Sistema Nacional Automatizado de Identificación Balística*, 5 (2):37-42. Recuperado de Dialnet.
- Agudelo, V. D., Ceballos, A. E. & Labrado, C. C. (1997). *Características comparativas e identificativas de proyectiles disparados con arma de cañón poligonal* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Angulo, G. R. (2010). *Medicina Forense y Criminalística*. Bogotá, D. C.: Doctrina y Ley Ltda.
- Amador, R. N., Mendivelso, S. G. P. & Salamanca, R. M. (1998). *Estudio comparativo de las características identificativas en proyectiles disparados por cañones estriados de fabricación artesanal y original* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Aragón, P. S. (1996). *La balística, sistema de identificación de proyectiles* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Arana, J. L. & González, J. J. (2002). *Mecánica de la fractura* [versión digital PDF] (1.ª ed., Vol. I). Bilbao, España: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Cano, N. C. (2013). Cotejos de proyectiles disparados con armas de fuego alteradas por medio de limado en el interior del cañón. *Revista Facultad de Ciencias Forenses y de la Salud*, 9: 87-95. ISSN 2011-3331. Recuperado de <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/forenses/article/view/165/149>
- Chinchilla, T. H. (2008). *La utilización de las huellas balísticas para identificar armas de fuego que participan en hechos delictivos* (trabajo de grado para optar al título de Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales). Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_7271.pdf

- Curso 007. Técnico Profesional en Balística (2007). *Balística identificativa en proyectiles 9x19 milímetros, disparados con pistolas CZ, Prieto Beretta y Mini Uzi en superficie de vidrio* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Di Maio, V. (2007). *Heridas por arma de fuego*. Buenos Aires: Ediciones La Rocca.
- Firearm Examiner Training (2015). Physical characteristics. Recuperado de http://projects.nfstc.org/firearms/module11/fir_m11_t04_01.htm
- Fiscalía General de la Nación (2005). *Balística forense*. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- Gallego, A. M. (1996). *Casos atípicos de la balística* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Gamarra, V. G. (2014). Nociones de identificación en microscopía balística. *La Justicia en Manos de la Ciencia*, 4: 43-49. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4761252>
- Grzybowski, R., Miller, J., Morand, B., Murdock, J., Nichols, R. & Thompson, R. (2015). Firearm/ Toolmark Identification: Passing the Reliability Test Under Federal and State Evidentiary Standards. Recuperado de http://www.afte.org/SWGGUN/resources/admissibility/Firearm%20and%20Toolmark%20Identification%20Reliability%20Article_14.pdf
- Hamby, J. E. (2009). The Identification of Bullets Fired from 10 Consecutively Rifled 9 mm Ruger Pistol Barrels: A Research Project Involving 507 Participants from 20 Countries. *AFTE Journal*, 41(2): 99-110. Recuperado de <http://cdn2.hubspot.net/hub/71705/file-15668427-pdf/docs/aftspringvol41no2pages99-110.pdf>
- Hernández, S. R., Fernández C. C. & Baptista L. M. (2010). *Metodología de la investigación*. México: The McGraw-Hill Companies.
- Howitt, D., Tulleners, F., Cebra, K. & Chen, S. (2008). A calculation of the theoretical significance of matched bullets. *J Forensic Sci*, 53 (4): 868-875. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18547357>
- International Business Machines Corp. (2015). *Software SPSS*. En *Soluciones y software de analítica predictiva*. Recuperado de <http://www-01.ibm.com/software/co/analytics/spss/>
- IBM Knowledge Center (2012). Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra. En *Pruebas no paramétricas*. Recuperado de <http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/>
- SSLVMB_21.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/idh_ntk1.htm?lang=es
- Industria Militar de Colombia (2015a). Munición para revólver en calibres .32" L. Recuperado de <https://www.indumil.gov.co/producto/defensa-personal/527-cal-32-largo>
- Industria Militar de Colombia (2015b). Munición para pistola en calibre 7.65 mm. Recuperado de <https://www.indumil.gov.co/producto/defensa-personal/528-cal-7.65>
- Jiménez, J. (2011). Balística forense: inicios. *Quadernos de Criminología: Revista de Criminología y Ciencias Forenses*, 12: 6-11.
- Leica Microsystems (agosto 3, 2015). Motorized Forensic Comparison Macroscope Leica FSC. Recuperado de <http://www.leica-microsystems.com/products/light-microscopes/details/product/leica-fs-c/>
- Puerto, H. (2009). *La investigación criminal en el Sistema Penal Acusatorio*. Bogotá, D. C.: Leyer.
- Manzano, T. J., Guerrero Molina, M. G. & Arcaute, V. F. (2001). Balística: balística de efectos o balística de las heridas. *Cirujano General*, 23 (4): 266-272. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2001/cg014i.pdf>
- Mauricio, J. J. (2013). *La balística como elemento esencial para la identificación y análisis del tipo de armas de fuego utilizadas en las escenas del crimen* (trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciada en Investigación Criminal y Forense). Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/07/03/Mauricio-Jenny.pdf>
- Maza, M. (2000). *Manual de criminalística*. Bogotá, D. C.: Ediciones Librería del Profesional.
- Méndez, M. J., Rivera, J. H. & Soto, M. J. (2010). Extracción de características de textura para cotejo de proyectiles en balística. *Scientia et Technica*, 1 (44): 229-233. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/artic/view/1835/1145>
- Méndez Márquez, J., Rivera Piedrahíta, J. H. & Soto Mejía, J. A. (2012). Reconocimiento de texturas en imágenes de proyectiles: un aporte a la identificación automática de armas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22 (1): 123-137. Recuperado de <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/artic/view/253/63>
- National Institute of Standards and Technology (2015). *Measurement Science & Standards in Forensic Firearms Analysis*. Recuperado de <http://www.nist.gov/oles/upload/MSSFFA-Submitted-Abstracts-FINAL.pdf>
- Nichols, R. (2015). *The Scientific Foundations of Firearms and Tool Mark Identification - A Response to*

- Recent Challenges. Recuperado de <http://www.firearmsid.com/feature%20articles/nichols060915/AS%20Response%20110805.pdf>
- Petraco, N. D. K., Chan, H., De Forest, P. R., Diaczuk, P., Gambino, C., Hamby, J. et al. (2012). *Application of Machine Learning to Toolmarks: Statistically Based Methods for Impression Pattern Comparisons*. Recuperado de <http://www.crime-scene-investigator.net/MachineLearningToolmarks.pdf>
- Ramos, S. E. (2002). *La balística forense frente al Derecho Penal*. Bogotá, D. C.: Rasgo y Color Ltda.
- Riaño, C. O. & Morales, T. L. (2010). *Enciclopedia C C I, tomo III*. Bogotá, D. C.: Sigma Editores.
- Roa, G. O. & Valencia, J. M., (2001). *Identificar las características de subclase en proyectiles disparados por arma de cañón poligonal, mediante pruebas con pistolas Glock M 19 y Jericho M 94IF* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Rodrigues, G. J. & Gonsales, H. (1998). *Proyecto de investigación de características identificativas de proyectiles calibre .22 pulgadas disparados con adaptadores en fusil G3 calibre 7.62 mm* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Ruiz, M. D. (2008). *Balística, teoría y práctica*. Bogotá, D. C.: Temis.
- Schwartz, A. (2005). *The Columbia Science and Technology Law Review*. Recuperado de <http://stlr.org/download/volumes/volume6/schwartz.pdf>
- Scientific Working Group for Firearms and Toolmarks (SWGUN) & The Association of Firearm and Tool Mark Examiners (AFTE) (2011). *Annotated bibliography firearms toolmarks*. Recuperado de <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/forensics/Annotated-Bibliography-Firearms-Toolmarks.pdf>
- Sporting Arms and Ammunition Manufacturers Institute, INC. (2015). *Technical data sheet unsafe firearm-ammunition combinations*. Recuperado de http://www.saami.org/specifications_and_information/publications/download/SAAMI_ITEM_211-Unsafe_Arms_and_Ammunition_Combinations.pdf
- Steele, L. (2015). *Ballistics*. Recuperado de http://apps.americanbar.org/abastore/products/books/abstracts/5450051chap1_abs.pdf
- The Association of Firearm and Tool Mark Examiners (2013). *Cartridge Case & Projectile Examination*. Recuperado de <http://www.afte.org/AssociationInfo/comm%20&%20info/cc%20&%20proj.htm>
- The Association of Firearm and Tool Mark Examiners (2015). *AFTE Response to Seven Questions Related to Forensic Science Posed on November 30, 2015 by The President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) - December 23, 2015*. Recuperado de <https://afte.org/resources/afte-position-documents>
- Thompson, R. M., Miller, J., Ols, M. G. & Budden, J. C. (2002). *National Integrated Ballistic Information Network (NIBIN)*. Recuperado de http://www.mcrkba.org/03-013_attach_B.pdf
- Thompson, R. M. (2010). *Firearm Identification in the Forensic Science Laboratory*. Recuperado de http://www.ndaa.org/pdf/Firearms_identity_NDAAsm.pdf
- Triviño, R. L., Tulcán, V. J., Alfonso, V. J., Hernández, D. H. & García, F. D. (2009). *Características de subclase presentes en 10 cañones fabricados en serie marca Llama en proyectiles calibre .38 Special y proyectiles calibre .38 corto* (trabajo de grado para optar al título de Técnico Profesional en Balística). Policía Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Uchiyama, T. (2008). Toolmark Reproducibility on Fired Bullets and Expended Cartridge Cases. *AFTE Journal I* (40): 3-46. Recuperado de <http://www.u4ren6.com/SilentEvidence/Main/Reproducibility.pdf>
- Ushiña, M. (2009). *Proyecto de almacenamiento de información balística al sistema ibis de armas de fuego de dotación policial* (trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Criminalística). Recuperado de <http://repositorio.itspn.edu.ec/handle/123456789/116>
- Vidrio, C. (2007). *Balística técnica y forense*. Buenos Aires: La Rocca.
- Zuluaga, J. G. (2000). *Manual de balística*. Bogotá, D. C.: Ediciones Librería del Profesional.