

RECIF



Año 1 No. 2

REVISTA DIGITAL

DE CIENCIA FORENSE



Rector

Dr. Enrique Graue Wiechers

Directora

Dra. Zoraida García Castillo

Secretaria General

Dra. Ana María Sosa Reyes

Editor

Dr. Mirsha Quinto Sánchez

Consejo editorial

Dra. Zoraida García Castillo, Dra. María Elena Bravo Gómez, Dr. Vicente Torres, Dra. Alexa Villavicencio Queijeiro, Mtro. Jorge Luis López Zepeda, Dra. Anahy Rodríguez González, Dr. Mirsha Quinto Sánchez.

REVISTA DIGITAL DE CIENCIA FORENSE,

Año. 2, No. 1, abril-septiembre 2023. Publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENaCiF), Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Teléfono 56-23-23-00 ext. 24210, <http://recif.unam.mx/>, correo electrónico: recif@enacif.unam.mx. Editores responsables: Dr. Mirsha Quinto Sánchez y Dr. Vicente Torres Zúñiga, Certificado de Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2023-101812092200-102, ISSN en trámite, Responsables de la última actualización de este número: Dr. Mirsha Quinto Sánchez y Dr. Vicente Torres Zúñiga, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Col. Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación: 24 de abril de 2023.

La responsabilidad de los textos publicados en Revista Digital de Ciencia Forense recae exclusivamente en los autores y su contenido no refleja necesariamente el criterio de la Institución. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Producción editorial: Mirsha Quinto Sánchez, Vicente Torres.

Diseño, maquetación: Mirsha Quinto Sánchez.

Portal Web: Ing. Luis Flores, Dr. Vicente Torres, Dra. Sofía Huerta-Pacheco.

Diseño de portada: María Fernanda Del Pilar Valdez.

Diseño de logo de la revista: Emir Romero Borbolla.

ÍNDICE

a

Editorial

Artículos de investigación

1

Afectaciones psicosociales en mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido

Adriana Reyes Flores , Rafael Ramírez Ramírez, Eduardo Lorenzo Pérez Campos, Ximena Reyes Canseco, María del Carmen Sánchez Flores, Eduardo Pérez-Campos Mayoral

14

Identificación de huellas latentes forjadas sobre superficies porosas

Gerardo Narcotti Gastón, Nahir Segovia Micaela

28

Fotografía infrarroja digital para la detección de manchas de sangre cubiertas por pintura

Victoria Andrea Barucca

61

Herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos para la identificación forense en México

Metzeri Arumi Mendoza-Castellanos, Aurora Marcela Pérez-Flórez

Artículos de divulgación/difusión

82

Los diez temas apremiantes para la fotografía forense en México

Gabriela Ochoa Rivera, Bruno Enrique Ramírez Ornelas, Vicente Torres Zúñiga

87

La primera perito de balística forense en México

Roberto Carlos Hernández Corona

EDITORIAL

Año 2, Número 1

En diciembre de 2011, legisladores de EUA propusieron un proyecto de ley para que todo artículo científico que se hubiera realizado con financiamiento público, se publicara de forma gratuita en internet. El debate tuvo buena respuesta en la comunidad académica, que realizó protestas contra las prácticas de editoriales académicas como Elsevier, que muchos consideran excesivas. La protesta denominada *The cost of knowledge* (1) aglutinó a 4800 investigadores según Nature (2). Esto detonó un boicot a la editorial, con variadas repercusiones, entre ellas, que Elsevier abriera algunas revistas al dominio público. Cerca de 5000 investigadores continuaron boicoteando a Elsevier según un estudio formal del proceso (3). Además, varias universidades han cancelado sus suscripciones a la editorial, argumentando los costos elevados, entre ellas: el MIT, SUNY o FSU. Se estima que para 2010, Elsevier obtuvo un beneficio de 724 millones de libras esterlinas (1160 millones de dólares), con ingresos de 2000 millones de libras esterlinas, lo que le ubica con un margen del 36% de ganancia. El movimiento de la primavera académica, como diarios alemanes y estadounidenses calificaron a los movimientos de ciencia abierta contra las editoriales hegemónicas, han tenido buena repercusión en la comunidad científica y abren el debate sobre el acceso total a materiales científicos.

Desde la Revista Digital de Ciencia Forense (RECIF) reivindicamos al movimiento social de la ciencia abierta (*open science*) defendiendo que todo conocimiento científico debe compartirse abiertamente y de forma expedita (4). Lo que claramente tendría impactos sociales y científicos inmediatos. Prueba de ello fue el proceso de acceso a las secuencias del virus SARS-CoV2 (5), que permitió, que en un tiempo récord, se tuvieran en el mercado vacunas para dicho virus. Empero, la distribución de éstas no fue equitativa (6). La ciencia abierta se piensa de manera muy amplia e incluye todas las disciplinas, la investigación y la docencia, así como los proyectos y el ámbito social. La participación en el conocimiento y la creación de conocimiento debe hacerse accesible a tantas personas como sea posible (4), masificar de información científica a la sociedad.

Ante la emergencia forense que acontece en nuestro país, es imperante que no se privatice el conocimiento científico, que académicos, peritos o familiares tengan acceso a toda información referente a avances en investigación o la divulgación de éstos, con un estándar de revisión por pares honesto y repetible. Por ello, es de suma importancia que surjan proyectos editoriales como la RECIF en toda Latinoamérica, para hacer frente a nuestros desafíos profesionales y ayudar a mitigar los efectos de las crisis forenses que vivimos.

El consejo editorial de la RECIF se congratula en presentar el primer número del segundo año de la revista, el cual está integrado por cinco comunicaciones. Se incluyen tres artículos de investigación y dos de difusión / divulgación de las ciencias forenses.

De forma específica, dentro de las comunicaciones de Artículos de Investigación se presenta el artículo "*Afectaciones psicosociales en mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido*" manuscrito de suma relevancia para los contextos de violencia feminicida en México, caracterizando que esta forma de violencia está en aumento y es necesario crear protocolos específicos para atención, legislación y reparación integral para las víctimas. Es también, un nítido ejemplo de ciencia ciudadana, donde participan de forma activa en la investigación sobrevivientes de esta violencia, integrando testimonios que logran un reporte científico de alta calidad.

En esta misma sección, se publica el artículo *"Identificación de huellas latentes forjadas sobre superficies porosas"* el cual evidencia sobre la validez de huellas latentes reveladas con ninhidrina en un ejercicio con huellas reales y falsificadas.

De igual manera, el artículo *"Fotografía infrarroja digital para la detección de manchas de sangre cubiertas por pintura"* reporta resultados de un experimento con fotografía infrarroja (IR) para evidenciar la presencia de manchas hemáticas cubiertas por pintura, tanto en paredes de cartón-yeso, como en ladrillo, empleando protocolos fotográficos de interés para su aplicación en la prueba científica.

Finalmente, se presenta el artículo *"Herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos para la identificación forense en México"* donde se presenta un análisis nacional sobre los datos de orden genético forense, con la petición de información a 36 Fiscalías, lo que permite tener un diagnóstico de las herramientas para el análisis genético que se están empleando, desde muy complejas hasta las más sencillas, como hojas de cálculo. El artículo llama a la coordinación interinstitucional para enfrentar la crisis en materia de identificación humana que acontece en el país.

Respecto de los artículos de divulgación, la primera contribución *"Los diez temas apremiantes para la fotografía forense en México"* reporta los pormenores del primer Seminario de Medios Digitales Forenses presentando los diez acuerdos principales que necesitan tratarse sobre la especialidad de fotografía forense; un rubro de suma relevancia para la estandarización de dicha ciencia en el país y la comunicación activa del colegiado perito de la especialidad.

La segunda contribución *"La primera perito de balística forense en México"* presenta una entrevista a Ireyda Alicia Paredes Leyva quien es, según la CONEBAL, la primera mujer perito en balística forense en el país. La entrevista presenta un vistazo a su vida, experiencias y formación que la llevaron a desarrollarse como directora de Investigación Pericial de la Fiscalía General del Estado de Sinaloa.

Este nuevo volumen, con su primer número, es un producto académico colegiado producido por científicos mexicanos y extranjeros a quienes agradecemos por el tiempo en la revisión por pares. De igual manera, el presente número marca una nueva etapa para la historia de nuestra institución que el pasado 8 de diciembre de 2022, el pleno del Consejo Universitario de la UNAM, aprobó la creación de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENaCiF), lo que es un punto de suma relevancia para el campo forense del país. También, aunque más recientemente, se realizó el proceso de concurso para la elección de la dirección de la ENaCiF. Como es intrínseco a nuestra institución, la terna fue liderada por mujeres: la Dra. Zoraida García Castillo, la Dra. Ana María Sosa Reyes y Dra. María Elena Bravo Gómez. Siendo la Dra. Zoraida García Castillo quien ocupará el cargo, asegurando así, la continuidad del trabajo que a lo largo de 10 años se ha realizado junto con académicos, profesores y personal de base. Sin duda que este hecho, dará buen camino a la RECIF, para su mejora continua y consolidación a través del tiempo.

Finalmente, invitamos a los diversos actores forenses: académicos, peritos, investigadores, profesores, consultores y expertos del sector privado, profesores en retiro, alumnos de grado y posgrado a enviar sus manuscritos a la RECIF, como un vocero de las comunicaciones de las ciencias forenses en el país.

Mirsha Quinto-Sánchez

Editor de la Revista Digital de Ciencia Forense (RECIF)

Escuela Nacional de Ciencias Forenses, UNAM.

Citas

1. Neylon T. The Cost of Knowledge. <http://thecostofknowledge.com/>. 2012.
2. Whitfield J. Elsevier boycott gathers pace. *Nature*. 2012 Feb 9;
3. Heyman T, Moors P, Storms G. On the Cost of Knowledge: Evaluating the Boycott against Elsevier. *Front Res Metr Anal*. 2016 Oct 17;1:7.
4. opendatacommons.org. 2023.
5. SARS-CoV-2 Resources – NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sars-cov-2/>
6. Global Dashboard for Vaccine Equity - UNDP Data Futures Platform. <https://data.undp.org/vaccine-equity/>

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Afectaciones psicosociales en mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido

Adriana Reyes Flores^{1✉}, Rafael Ramírez Ramírez¹, Eduardo Lorenzo Pérez Campos², Ximena Reyes Canseco³, María del Carmen Sánchez Flores³, Eduardo Pérez-Campos Mayoral⁴

¹Doctorado en Biociencias, Centro de Investigación Facultad de Medicina-UNAM-UABJO.

²Tecnológico Nacional de México / IT Oaxaca

³Fundación Carmen Sánchez Mx

⁴Centro de Investigación Facultad de Medicina-UNAM-UABJO.

✉ adriana.reyes.flores@hotmail.com

Datos del artículo

Cita: Reyes Flores Adriana, Ramírez Rafael, Pérez Campos Eduardo Lorenzo, Reyes Canseco Ximena, Sánchez Flores María del Carmen, Pérez-Campos Mayoral Eduardo. 2023. Afectaciones psicosociales en mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1): 1-21 pp.

Editor: Anahy Rodríguez González.

Recibido: 3 diciembre 2021.

Aceptado: 8 noviembre 2022.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Los ataques con ácido contra mujeres son una forma de violencia feminicida. Consisten en arrojar ácido sobre el cuerpo, principalmente sobre el rostro, con el objetivo de atentar contra su vida, su integridad y su libertad humana. Las lesiones físicas en las sobrevivientes de ataques con ácido suelen persistir toda la vida, provocando alteraciones psicopatológicas y en las distintas áreas de sus vidas. En México se reporta el aumento de víctimas, sin embargo, no existen protocolos especializados para su atención, la legislación no garantiza su acceso a la justicia y reparación integral y las víctimas enfrentan severas dificultades. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue explorar los efectos psicosociales de los ataques con ácido en mujeres mexicanas. Para ello, fueron utilizados testimonios de las sobrevivientes de ataques con ácido con quienes ha tenido contacto la Fundación Carmen Sánchez y de casos que se han hecho públicos en internet. Los resultados muestran lesiones en el rostro, pecho, espalda alta y miembros superiores; necesidad de múltiples operaciones reconstructivas y costosos tratamientos; pérdida de órganos; limitaciones físicas, discapacidad funcional y pérdida de autonomía; síntomas de depresión y estrés postraumático, dificultades de autoaceptación y desintegración de la autoimagen; estigma y rechazo social, incapacidad laboral y pérdida de empleo. Debido a la limitación funcional a consecuencia de la agresión tienen discapacidades físicas y visuales. En resumen, las mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido enfrentan graves y complejas afectaciones psicosociales que deben visibilizarse y atenderse. Ajustes legislativos e institucionales también son necesarios.

Palabras clave: ataques con ácido, violencia ácida, personas con discapacidad, feminicidio, vitriolaje.

Abstract

Acid attacks against women are a form of femicide violence. It consists of throwing acid on the body, mostly on the face, to disfigure and defeminize the woman, with the intention of threatening her life, her integrity, and her human freedom. Physical injuries in acid attack survivors tend to persist throughout their lives, causing psychopathological alterations and changes in all areas of their lives. In Mexico, there is a reported increase in the number of victims of this crime. For this reason, this study aimed to explore the psychosocial effects of acid attacks on Mexican women. For this purpose, some testimonies of acid attack survivors with whom the Carmen Sanchez Foundation has had contact and other cases that have been made public on the Internet were used. The results show injuries to the face, chest, upper back, and upper limbs; requiring multiple reconstructive operations and costly treatments; organ loss; physical limitations, functional disability, and self-sufficiency loss; symptoms of depression and post-traumatic stress disorder, self-acceptance difficulties, and disintegration of self-image; stigma and social rejection; inability to work and loss of employment. Due to the functional limitation of the assault, they have physical and visual disabilities. In conclusion, Mexican women survivors of acid attacks suffer serious and complex psychosocial effects that must be made visible and addressed. Legislative and institutional adjustments are also necessary.

Keywords: acid attack, acid violence, disability, femicide, vitriolage

Introducción

El reporte de victimizaciones debidos a ataques con ácido ha ido en aumento en México en los últimos años. Cobran relevancia los testimonios de las sobrevivientes de este delito por el impacto que las lesiones suelen provocar en sus vidas, así como las necesidades médicas de atención inmediata, mayoritariamente en los primeros meses después del ataque, durante los cuales luchan por salvar su vida. Esta problemática ha sido estudiada en otros países de Europa y Asia, focalizados en las lesiones físicas de las víctimas, la presencia de psicopatología, así como las adecuaciones legislativas para la atención de la problemática. En América los estudios se centran en Colombia, debido a la incidencia de casos, en donde además se ha abordado como una forma de violencia por razón de género. No se encuentran reportes oficiales del número de víctimas de ataques con ácido en México, pero la Fundación Carmen Sánchez ha logrado documentar y sistematizar algunos de ellos. La relevancia de este manuscrito radica en este vacío del conocimiento y en la necesidad de sistematización.

Los ataques con ácido

Los ataques con ácido, conocidos también como vitriolage o vitriolismo (en francés el ácido sulfúrico es denominado vitriol), en algunos textos periodísticos en México también se les denomina violencia ácida (1) y consisten en arrojar ácido sobre el cuerpo de una persona (2). Suelen ser agrupados como lesiones debidas a sustancias corrosivas o agentes químicos. El ácido tiene un poder devastador a su contacto con el cuerpo humano, la piel, tejidos, cartílagos e, incluso, huesos son destruidos. Su objetivo es destruir la vida de las víctimas (3), sea con sus efectos permanentes o con su muerte.

Los ataques con ácido pueden enmarcarse como una forma de violencia contra las mujeres por razones de género. Los roles y estereotipos de género tradicionales que determinan lo que se espera de las mujeres, de sus cuerpos, de sus acciones, su valor y su subordinación al hombre, forman parte de las causas patriarcales que provocan esta violencia. La exigibilidad de belleza femenina, debida a estereotipos de género, contextualiza estas agresiones (4). El vitriolage ha sido considerado una transformación del delito de desfiguración facial (5), en tanto son ataques dirigidos principalmente al rostro, con la intención de desfigurar y con ello desfeminizar y despersonalizar (6), es decir, arrebatar o minimizar las características femeninas y que hasta entonces conformaban su autoimagen personal; así también le despojan de su capacidad para ser atractiva para otros (7) y para sí misma. Esto como un intento de control de la mujer, de su cuerpo y de su vida, como una forma de ejercicio de poder. La victimización coloca a las víctimas como sujetas pasivas que resienten el efecto de la acción del agresor. Uno de los objetivos de la atención a las sobrevivientes ha de ser, por tanto, devolver sentido de control de su vida.

Los ataques con ácido están contextualizados en la desigualdad que existe entre hombres y mujeres, como un mecanismo de control y dominación que refuerza y profundiza esa desigualdad por el tipo de secuelas físicas, emocionales, psico-sociales y económicas a las que se enfrentan las sobrevivientes.

Los ataques con ácido son una forma de violencia extrema contra la mujer. En muchos casos, son la cúspide de la violencia familiar (8) ejercida dentro de una relación de pareja, por lo que algunas víctimas previamente sufrieron violencia psicoemocional, física, sexual, patrimonial, económica (9) o reproductiva (10). Sin embargo, es preciso analizar los efectos de la violencia familiar y el ataque ácido de forma diferenciada.

Algunos autores sugieren que la intención de los ataques con ácido no es asesinar sino castigar o destruir la vida social de las víctimas, provocando efectos dañinos permanentes (11); sin embargo, otros estudios han identificado víctimas mortales de forma inmediata a consecuencia de las quemaduras, debido a sepsis o a falla multiorgánica (12). Por ello las sobrevivientes de ataques con ácido pugnan para que sus casos sean investigados y juzgados como tentativas de feminicidio. En cuatro casos, se logró la vinculación del agresor de acuerdo con el tipo penal de feminicidio en su modalidad de tentativa, aunque el proceso penal continua y no se ha emitido sentencia. El feminicidio consiste en privar de la vida a una mujer por razones de género, es decir, por el hecho de ser mujer. Las razones de género se advierten al concurrir alguna de las siguientes circunstancias: signos de violencia sexual; lesiones o mutilaciones infamantes o degradantes, previas o posteriores a la privación de la vida o actos de necrofilia; antecedentes o datos de violencia familiar, laboral o escolar, del sujeto activo en contra de la víctima; relación sentimental, afectiva o de confianza entre el activo y la víctima; amenazas relacionadas con el hecho delictuoso, acoso o lesiones del sujeto activo en contra de la víctima; que la víctima haya sido incomunicada, cualquiera que sea el tiempo previo a la privación de la vida; exhibición o exposición del cuerpo de la víctima en un lugar público. En México, las penas en el delito de feminicidio oscilan de 40 a 70 años de prisión y de 500 a mil días multa (9). Al tratarse de una tentativa de un delito grave, la sanción no será menor de la pena mínima y podrá llegar hasta las dos terceras partes de la pena máxima (9). El acceso a la justicia de estas sobrevivientes, a través de una sentencia justa y la reparación integral del daño que les ha sido causado, permitirá sentar precedentes de la relevancia de la adecuada tipificación en la atención de la problemática. Esto hace relevante el análisis de los tipos penales relacionados con este delito.

Legislación actual de los ataques con ácido

Tradicionalmente los ataques con ácido han sido descritos tanto en los medios de comunicación, investigaciones académicas o documentos legales de países asiáticos como “crímenes de honor” (5) que se fundamentan en razones pasionales como los celos, la venganza o la sospecha de infidelidad. Sin embargo,

hablar de “crímenes pasionales” o “crímenes de honor” contribuye a reforzar las visiones estereotipadas o discriminatorias que conciben a la mujer como la depositaria del honor de los hombres y de la comunidad, o de que ellas son “responsables” de este tipo de transgresiones.

Contrario a esa visión, es necesario conceptualizar a los ataques con ácido como un tipo específico de violencia feminicida que no solo pone en riesgo la vida de las mujeres en el momento del ataque, sino en los meses y años posteriores. La violencia feminicida es la forma extrema de violencia de género contra las mujeres, las adolescentes y las niñas, producto de la violación de sus derechos humanos y del ejercicio abusivo del poder, tanto en los ámbitos público y privado, que puede conllevar impunidad social y del Estado. Se manifiesta a través de conductas de odio y discriminación que ponen en riesgo sus vidas o culminan en muertes violentas como el feminicidio, el suicidio y el homicidio, u otras formas de muertes evitables y en conductas que afectan gravemente la integridad, la seguridad, la libertad personal y el libre desarrollo de las mujeres, las adolescentes y las niñas (13).

Se trata de una violencia feminicida por la letalidad de las sustancias empleadas (que consumen y derriten la piel y órganos a su contacto), que sumadas a la inexistencia de protocolos de atención médica especializada pueden desembocar en la muerte de las víctimas debido al alto riesgo de infecciones y complicaciones asociadas a las lesiones; es elevado el riesgo de las intervenciones quirúrgicas a las que deben someterse. Es alto también el riesgo de suicidio al darse cuenta de sus lesiones y la desfiguración facial, de las limitaciones funcionales y de los efectos en todas las áreas de su vida provocados por el ataque. El aturdimiento emocional en que se encuentran puede condicionar también limitaciones en el autocuidado, que pueden derivar en accidentes fatales. La ausencia de medidas efectivas de protección y la impunidad incrementan el riesgo de nuevos ataques y la plausible muerte de las sobrevivientes. Además, en la mayoría de los casos, igual que en el delito de feminicidio se identifican razones de género en su comisión: el ataque provoca lesiones infamantes, suelen existir antecedentes de violencia contra la víctima, existe una relación previa con el agresor y amenazas previas (9).

Sin embargo, en México, son comunes actuaciones contrarias a la debida diligencia y los derechos humanos garantizados en los tratados internacionales. El Ministerio Público suele investigar los ataques con ácido como parte del delito de lesiones simples y los servicios médicos forenses clasifican a las lesiones de las sobrevivientes como “lesiones simples que tardan en sanar más de 15 días, menos de un mes y que no ponen en peligro su vida” (sancionables de 6 meses a dos años), lo que impacta en la integración de las Carpetas de Investigación, en las medidas de protección a víctimas, en las mínimas sanciones aplicables y en el análisis jurisdiccional, todo lo cual se traduce en impunidad. Estas fallas institucionales no reconocen la gravedad de los ataques con ácido y su naturaleza diferenciada de las lesiones, todo ello favorece la impunidad. Así, el tiempo estimado que tardan en “sanar” (cicatrizan) las lesiones debiera ser

excluido como determinante del tipo penal, pues no hay una real curación de la persona, sino que las lesiones son permanentes.

Por su parte, algunos países como India, Bangladesh, Camboya, Nepal, Pakistán y Colombia han legislado el aumento de las penas, el acceso a tratamientos médicos adecuados (3), las restricciones en la venta de ácido, el otorgamiento de compensaciones económicas más altas para las víctimas, inclusive en India se aprobó su inclusión temporal como personas en condición de discapacidad que facilitan el acceso a planes de bienestar y empleos gubernamentales.

En México, como efecto de la pugna de las víctimas por el acceso a la justicia, entre 2019 y 2021 se han logrado reformas en algunos estados. En el Código Penal de Oaxaca (14), se agregó un capítulo de alteraciones en la salud de la mujer por razones de género debido al uso de agentes físicos, químicos o sustancias corrosivas (20 a 30 años de sanción), que aumenta de 30 a 40 años si existió relación entre víctima y agresor; e incrementa en dos tercios si se provoca daño permanente al rostro o pérdida de órganos. Podría decirse que este es el único estado que tipifica de forma autónoma estos ataques con sustancias corrosivas. En otros estados se ha logrado diferenciar del delito de lesiones, para resaltar que se trata de un acto de violencia contra las mujeres. Así, los códigos penales de Baja California Sur (15) y San Luis Potosí (16) adicionaron un capítulo de lesiones cometidas contra la mujer por razones de género (con sanciones de 7 a 14 años), agravadas si existe relación entre la víctima y agresor (de 9 a 18 años) y cuando las lesiones son provocadas con ácidos o sustancias corrosivas (incremento de hasta tres terceras partes de la pena). Sin embargo, en ninguno de los casos el ataque con ácido ha sido encuadrado en uno de estos tipos penales, debido a que se trata de legislaciones recientes, o porque la gravedad del impacto, ha exigido su investigación como tentativa de feminicidio.

En tanto que estados, como Aguascalientes (17), Ciudad de México (10), Estado de México (18) e Hidalgo (19), contemplan las lesiones con ácidos o sustancias corrosivas, químicas o inflamables, como lesiones calificadas o como agravantes (aumentan en una mitad o hasta en dos terceras partes) de las lesiones simples; sin especificar una penalidad para estos actos, sino que oscilan entre 6 meses a 8 años: dependiendo si tardan en sanar de 15 a 60 días (6 meses a 2 años), más de 60 días (2 a 3 años), si provocan cicatrices permanentes en el rostro (2 a 5 años), si disminuyen el funcionamiento de un órgano o miembro (3 a 5 años), si provocan pérdida de una función, miembro, órgano, enfermedad incurable o deformación (6 a 8 años) o si ponen en riesgo la vida (6 a 8 años). Sólo el estado de México especifica de 5 a 10 años de penalidad como agravante de lesiones.

El tipo penal y la sanción de los agresores es relevante para las sobrevivientes si se tiene en cuenta la evaluación de riesgo (que el agresor representa y que las reacciones de la víctima implican para su seguridad) y el temor de nuevas agresiones debido a la violencia ejercida previamente y a las

amenazas que suelen recibir de parte de los agresores, de sus familias o de la comunidad; por lo que al quedar en libertad su vida nuevamente se encuentra en riesgo. Además, esta agresión conforma un delito que exige una planeación previa para adquirir la sustancia, por lo que se trata de una conducta dolosa, con una intencionalidad negativa que no solo busca causar daño, sino destruir, física y emocionalmente a las mujeres que logran sobrevivir a estas agresiones. Los ataques evidencian la misoginia de parte del agresor. Aunado a ello, la ausencia de sanciones efectivas contra los agresores envía mensajes negativos a la sociedad y fomenta la impunidad.

En este contexto jurídico, el estado mexicano ha sido omiso en el registro del número de ataques con ácido en el país, por lo que no hay cifras oficiales en el sector de salud pública ni el sistema de justicia; a pesar de que la Recomendación General No. 35 de la CEDAW señala la obligación de los Estados de:

“Establecer un sistema para recabar, analizar y publicar periódicamente datos estadísticos sobre el número de denuncias de todas las formas de violencia por razón de género contra las mujeres, incluida la violencia ejercida mediante las tecnologías, el número y tipo de órdenes de protección dictadas, las tasas de desestimación y retirada de denuncias, el enjuiciamiento y la condena y la cantidad de tiempo necesario para la resolución de las causas, así como condenas impuestas a los agresores y las reparaciones a las víctimas y supervivientes. Los datos deben desglosarse de acuerdo con el tipo de violencia, la relación entre la víctima o superviviente y el autor, y en relación con las formas interrelacionadas de discriminación contra las mujeres y otras características sociodemográficas pertinentes, como por ejemplo la edad de la víctima o superviviente” (20).

En suma, en México es esencial legislar los ataques con ácido como un tipo penal autónomo y plenamente diferenciado, en todos los estados y a nivel federal, así como implementar estrategias y políticas públicas que permitan documentar su existencia, frenar su incidencia, aumentar las sanciones a los agresores y otorgar atención a las sobrevivientes para enfrentar sus complejas secuelas. El estado mexicano está obligado a dar cumplimiento a los estándares internacionales de actuar con la debida diligencia en la prevención, investigación y sanción de las violencias contra la mujer (21).

Afectaciones ocasionadas por los ataques con ácido

Los efectos psicosociales en mujeres víctimas de feminicidio en grado de tentativa son incalculables e impensables para la sociedad, los daños llegan a ser inenarrables, al igual que la violencia sufrida. Los ataques de ácido causan daño inmediato, desfiguración, dolor, lesiones graves, permanentes e incapacitantes, pérdida de función de órganos y tejidos (12), así como complicaciones médicas duraderas (22), terribles efectos físicos, psicológicos, económicos (2) y ostracismo social para las mujeres que han logrado sobrevivir.

La lesión por quemaduras en sí, la cicatrización y el daño ocular son factores fundamentales que deterioran la calidad de vida (23). A las pacientes les resulta difícil reintegrarse en la sociedad tras la agresión. Las discrepancias entre los servicios medicolegales y sociales les impiden alcanzar aún más su nivel de funcionamiento previo (23). Las consecuencias adversas de la privación social y de sentirse indefensa y obstaculizada tienen un efecto importante (4). La cirugía reconstructiva de víctimas de quemaduras (no necesariamente debidas a ácido) se han asociado con una disminución de la sintomatología del Trastorno de estrés postraumático (24). Por lo que la mejoría estética es un buen predictor de recuperación en las víctimas y, por el contrario, la falta de tratamiento reconstructivo también puede incidir en la persistencia de malestar psicológico.

La desfiguración facial resultante de los ataques con ácido exige a las víctimas ajustes en su autoimagen, requieren volver integrar a su autoconcepto la nueva imagen corporal. El rostro es un identificador para cada persona y es parte esencial de la autoimagen, que se nutre de las fotografías, reflejos, reacciones o comentarios externos. El cambio de aspecto amenaza el sentido de sí mismo. Las cicatrices provocan cambios permanentes de identidad, por lo que es necesario adaptarse a la nueva apariencia y conformar una nueva identidad; la imagen de antes y después del suceso son ajenas entre sí (25) para la persona. Entonces, las víctimas necesitan lograr su rehabilitación estética para volver a ser lo más parecidas posible a su apariencia previa. Esta recuperación no es exclusivamente estética para la aceptación externa, sino que está estrechamente relacionada con la propia identidad, con el sentido de sí mismas, con la integración del yo y, por ende, con la salud mental.

Estudios previos han documentado que las mujeres que logran sobrevivir a los ataques con ácido suelen experimentar dificultades de acceso a empleos y precariedad económica, costos elevados de tratamientos médicos y su consiguiente dificultad para acceder a la rehabilitación.

Los ataques con ácido en México y en el mundo

Acid Survivors Trust Internacional reporta que a nivel mundial cada año se cometen más de 1500 agresiones con ácido, la mayoría de las víctimas son mujeres (80%) y al menos 60% de las víctimas no denuncia (22). Países como Bangladesh, Irán, la India, Camboya, Nepal, Paquistán o Colombia reportan cifras elevadas de ataques anuales.

En México, la Fundación Carmen Sánchez, creada por una víctima de ese nombre, ha iniciado la labor de reunir a sobrevivientes de ataques con ácido, gestionar apoyos y llevar un registro de casos en el país ante la ausencia de datos oficiales. De acuerdo con esta Fundación, del año 2000 a la fecha, 28 mujeres han sido víctimas, equivalentes al 87% de los casos identificados (26). Sin embargo, los índices de impunidad en el país son altísimos, de modo que la cifra negra de delitos en México equivale al 93.3% debido a la falta de denuncia y de inicio de carpetas de investigación, explicadas por la falta de eficacia en las

investigaciones e impunidad (27); en el caso concreto de los ataques con ácido se suman el miedo, la vergüenza y el estigma de denunciar públicamente; por tanto, es probable que el número de víctimas reales de ataques con ácido sea mayor al contabilizado.

El número de las agresiones en México hace necesaria la investigación de sus efectos en sobrevivientes. El objetivo de este estudio es explorar las afectaciones psicosociales que los ataques con ácido han provocado en mujeres mexicanas, a través de la revisión de las experiencias de las sobrevivientes con las que ha tenido contacto la Fundación Carmen Sánchez y de registros públicos en internet.

Material y Método

Se diseñó una investigación con enfoque mixto, observacional, de alcance descriptivo, de tipo retrospectivo. Se realizó una búsqueda en internet de testimonios escritos de mujeres mexicanas sobrevivientes de ataques con ácido, en redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter), revistas y periódicos, así como en videgrabaciones de programas de televisión y YouTube. Se utilizaron como cadena de búsqueda las palabras: “ataques con ácido”, “violencia ácida”, así como con el nombre de las víctimas identificadas en los registros iniciales. La búsqueda se realizó de mayo a noviembre de 2021.

Se retomaron entrevistas semiestructuradas realizadas por Fundación Carmen Sánchez a algunas sobrevivientes de ataques con ácido. La Fundación solicitó a las víctimas su consentimiento informado para hacer pública la información. Los nombres de las víctimas se conservaron en el anonimato.

Para el análisis de datos se elaboró un concentrado en un archivo en Microsoft Excel versión 2019. La información recopilada fue agrupada por categorías para su análisis cualitativo y cuantitativo. Se obtuvieron frecuencias y porcentajes de las variables: año y estado de la República en que se realizó el ataque, lugar de la agresión, sexo del agresor y relación con la víctima, edad de las víctimas, región anatómica lesionada y porcentaje de operaciones, afectaciones psicológicas y psicosociales, estatus del proceso legal y atención institucional. Sin embargo, no logró recopilar información de todas las variables analizadas en la totalidad de víctimas. Se realizó el análisis cualitativo de las reacciones psicológicas reportadas en los testimonios de las sobrevivientes para facilitar su comprensión.

Resultados

Se localizaron 28 casos en conjunto, entre ellos aquellos de dominio público y los registros de la Fundación Carmen Sánchez, con información incompleta: algunos tienen porcentajes o regiones corporales con lesiones, otras describen afectaciones psicosociales o atención recibida; por lo que pudieran existir

más casos con los datos reportados. Las entrevistas permitieron contar con información más precisa de las condiciones de algunas de las víctimas.

Los hallazgos muestran que en los últimos años se han incrementado los ataques con ácido (Tabla 1). El mayor número de reportes de agresiones se localizan en el centro del país, siendo la Ciudad de México, el Estado de México y Puebla las entidades federativas con mayor incidencia de estos crímenes (Figura 1). De las 28 víctimas mujeres identificadas, únicamente 22 víctimas han sobrevivido, cuatro murieron al momento del ataque, una por complicaciones debidas a las lesiones provocadas y una falleció por complicaciones del SARS-CoV-2; los hombres suelen ser los autores intelectuales (85%); cinco ataques han sido perpetrados por la pareja y 11 por exparejas de las víctimas; la mayoría de las víctimas tenía entre 20 y 30 años al momento del ataque; 25 de los 28 ataques (90%) de los ataques han ido dirigidos al rostro; cuatro ataques han sido en la casa de las víctimas, el resto en vías públicas cercanas a su domicilio o empleo; en 96% de los casos no hay sentencia (26).

Tabla 1. Registro por año de ataques con ácido contra mujeres. Fuente: Fundación Carmen Sánchez Mx.

Año	Número de agresiones
2001	2
2009	1
2012	2
2014	1
2015	1
2016	1
2017	2
2018	7
2019	2
2020	3
2021	6
Total	28

Las lesiones en el cuerpo son evidentes en las víctimas, en el rostro, cuello, tronco y extremidades superiores a consecuencia de la agresión (Figura 2); dos víctimas están en riesgo de perder uno de sus ojos y una lo perdió a consecuencia del ataque; también reportan lesiones derivadas de la obtención de colgajos para los tratamientos reconstructivos. La superficie corporal quemada o lesionada que reportan oscila entre 30 y 85%; el rango de operaciones realizadas es de 0 a 250 cirugías (Tabla 2).

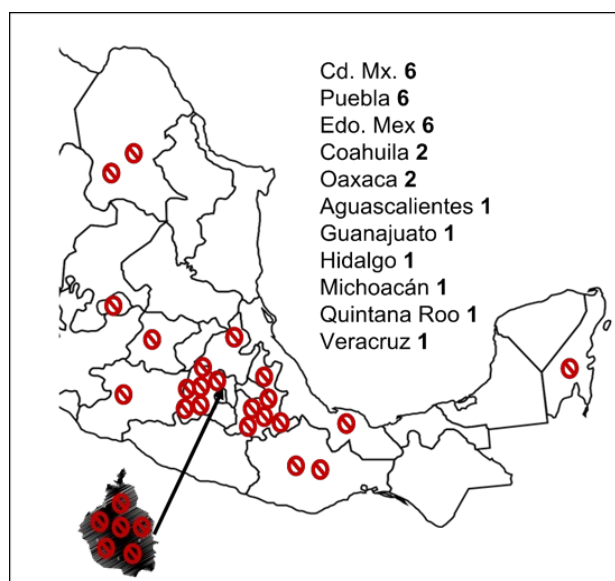


Figura 1. Número de ataques con ácido por estado. Fuente: Fundación Carmen Sánchez. Cada círculo representa una agresión.

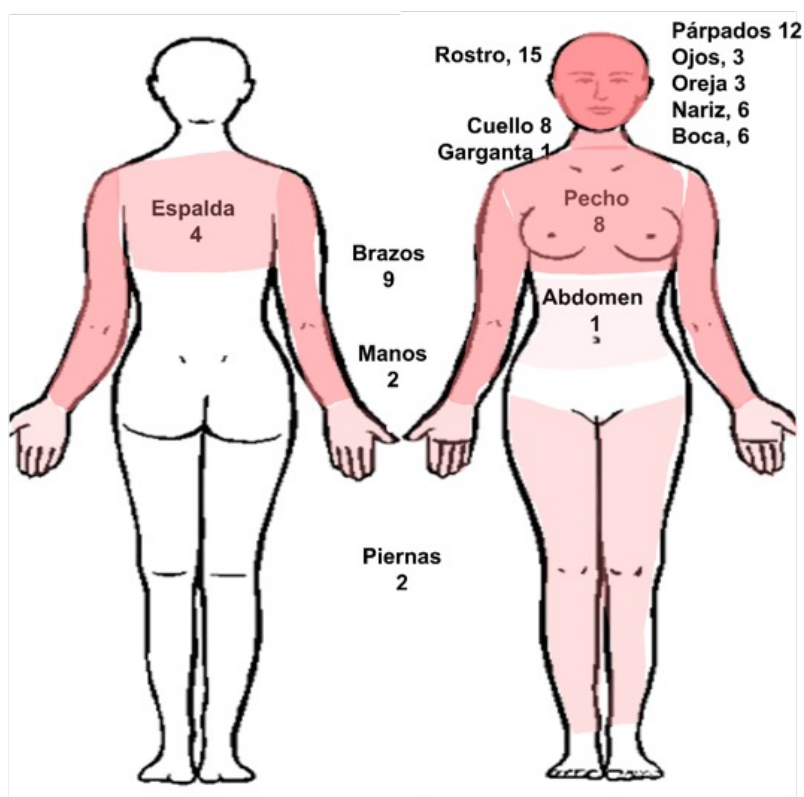


Figura 2. Regiones anatómicas lesionadas en las sobrevivientes. Fuente: Fundación Carmen Sánchez. Se especifica el número de sobrevivientes que reportan lesiones en cada zona corporal. Se colorean las regiones anatómicas lesionadas de acuerdo con el número de casos reportados: los colores más tenues se colocan en zonas con menor frecuencia de lesiones y se reduce la transparencia al aumentar la frecuencia de víctimas. La lesión no se presenta en toda la superficie de cada área, sino que en cada víctima fluctúa la proporción afectada. Sólo se reportan los casos de los que se cuenta con esta información.

Tabla 2. Superficie corporal lesionada y número de operaciones realizadas a las sobrevivientes. Fuente: Fundación Carmen Sánchez. Para preservar el anonimato, las víctimas se identifican con letras A, B, C... Se ordenan los casos de acuerdo con el número de operaciones reportadas. Algunas víctimas no refieren la superficie corporal quemada o el número de operaciones. Sólo se reportan los 12 casos de los que se cuenta con esta información.

Sobreviviente	Superficie corporal lesionada	Número de operaciones realizadas
A	---	250
B	50%	61
C	40%	30
D	---	16
E	40%	15
F	30%	12
G	---	4
H	---	4
I	---	0
J	---	0
K	---	0
L	85%	---

Las afectaciones psicológicas que presentan las sobrevivientes son comunes en las víctimas: estrés postraumático, ansiedad generalizada y depresión, así como dificultades en la autoimagen corporal. Tres de ellas reportan haber recibido atención psicológica en las instituciones del estado, sin embargo, fueron pocas las sesiones otorgadas y fueron dadas de alta por supuesta mejoría. Actualmente siete sobrevivientes reciben terapia grupal gestionada por la Fundación Carmen Sánchez.

En el área social se enfrentan a críticas y señalamientos, estigmatización, burlas y rechazo. El aislamiento social se refuerza con las reacciones negativas de quienes observan sus cicatrices faciales. Prevalece la victimización terciaria que implica el juzgamiento social por la victimización, que les culpabiliza y coloca como responsables de la atroz agresión, por haber permanecido en relaciones violentas, por no separarse oportunamente; sin embargo, el momento en que lograron alejarse de sus parejas fue cuando ellos cometieron la agresión al no poder continuar controlándolas y violentándolas cotidianamente.

La mayoría de las víctimas tienen historias de violencia previa a lo largo de su vida, desde su infancia, la cual continuó en la relación con sus parejas hasta culminar en la violencia extrema del ataque con ácido. La pobreza también es característica en muchos casos, por lo que han enfrentado dificultades desde antes del ataque para el pleno ejercicio de sus derechos. Aunado a la baja escolaridad que presentan y que les limita en el acceso a empleos bien remunerados. Algunas víctimas dependían económicamente de su agresor, como parte de la violencia económica sufrida, lo que ha coartado sus posibilidades de autosuficiencia económica. La mayoría de las sobrevivientes que sí laboraban perdió su fuente de ingreso en el momento del ataque, muchas ellas estuvieron hospitalizadas cuatro,

cinco o hasta nueve meses después de la agresión. Al tratar de incorporarse a la vida laboral se han enfrentado a estigmas, discriminación, falta de confianza en sí mismas, dificultad para desempeñar algunas actividades o miedo a sufrir otro atentado contra su vida, por lo que dependen económicamente de su familia, donativos solidarios o trabajos precarizados.

Los proyectos de vida de las sobrevivientes se vieron trastornados y afectados por el ataque con ácido, debido a los efectos de las lesiones, ahora ocupan su tiempo en revisiones médicas, cirugías reconstructivas, servicios de salud física y mental. También en su búsqueda de avances en sus procesos legales, frecuentemente asisten a las fiscalías, descuidando otras áreas como la convivencia familiar o el esparcimiento cotidiano. Ahora sus vidas parece que giran alrededor de los efectos ocasionados por la agresión.

Los procesos judiciales han tenido pocos avances y evidencian revictimización y un contexto generalizado de impunidad. En dos casos la carpeta de investigación se extravió durante 4 y 20 años. Sólo en un caso ha habido sentencia, la cual se redujo en un tercio porque el agresor obtuvo un beneficio al participar en un procedimiento penal abreviado y aceptó su culpabilidad sin necesidad de ir a juicio. Esta sentencia es insuficiente porque el agresor está por salir en libertad y la vida de la víctima está en peligro nuevamente, además, la vida de ella estuvo en peligro a consecuencia del ataque, tuvo que someterse a un coma inducido para valorar la gravedad del daño y aun presenta graves afectaciones y necesidad de tratamiento y rehabilitación. En otro caso se emitió sentencia, pero por el delito de violencia familiar, asociado a un evento diverso; la agresión con ácido sigue sin juzgarse. Solamente en cinco casos (17% del total) hay personas detenidas por los ataques: el caso sentenciado, tres casos vinculados a proceso por feminicidio en grado de tentativa y un caso, por violencia familiar; en esta cifra no se incluye el caso sentenciado por violencia familiar pues su privación de libertad no es debida al ataque con ácido.

La intervención forense también ha sido insuficiente y omisa de estándares internacionales para la documentación de la violencia contra las mujeres, demostrando la falta de experticia. La pericial en medicina suele ser iatrogénica minimizando las lesiones en la clasificación médico legal, lo que limitó más su acceso a la justicia. Las periciales en psicología forense también suelen ser revictimizantes e insuficientes para evidenciar los efectos negativos en la vida de las sobrevivientes. Inclusive aquellos dictámenes elaborados con perspectiva de género se centran en la inclusión de normas jurídicas, en términos nominales y no metodológicos, sin analizar de fondo las desigualdades entre las víctimas y sus agresores o sin diferenciar los efectos de la violencia familiar previa para resaltar las graves afectaciones a consecuencia del ataque con ácido. Estas limitaciones periciales han contribuido a limitar el acceso a la justicia al no reflejar las condiciones reales en que se encuentran las sobrevivientes. Las sobrevivientes de ataques con ácido han sido triplemente victimizadas, por el agresor, por las instituciones y por la sociedad.

Discusión

Las afectaciones en la vida de las víctimas de ataques con ácido son incalculables, los hallazgos de mujeres mexicanas permiten evidenciar los graves efectos permanentes de este delito en la vida de las sobrevivientes.

Las víctimas fueron agredidas en su mayoría en su domicilio y en su trabajo o en sus inmediaciones, espacios que hasta entonces consideraban seguros. Esto incrementa el nivel de riesgo para ellas, debido al fácil acceso de los agresores; también aumenta las creencias de vulnerabilidad, al no sentirse seguras tampoco en su hogar y temer nuevos ataques. Algunas víctimas tuvieron que cambiar su lugar de residencia o resguardarse en casas de seguridad. Esta incidencia de ataques en espacios conocidos para las víctimas puede explicarse porque los agresores mantuvieron una relación sentimental previa con las víctimas (57%), por lo que sabían dónde localizarlas y conocían sus rutinas. Los ataques se presentaron en estos casos como un ejercicio de violencia extrema posterior a la violencia familiar sufrida. Conocían entonces sus rutinas, los lugares que frecuentaban, y contaban con su confianza para poder acercarse y atacarlas.

En un estudio de mujeres jordanas víctimas de quemaduras, la superficie corporal lesionada osciló entre el 15 al 75%, dañando principalmente el rostro (28). El porcentaje de la zona corporal afectada de los casos identificados en este estudio es mayor, oscilando entre 30 y 85%. Aunque debe aclararse que algunos de los porcentajes reportados difieren del diagnóstico médico especializado, por ejemplo, los registros médicos de una víctima señalan el 12% de daño, pero ella se percibe con un 40%. Debido a que las víctimas lo conciben como una totalidad las regiones corporales lesionadas y el personal médico lo evalúa a partir del área puntual con daño de acuerdo con métodos clínicos conocidos.

En Irán se encontró al rostro, el tronco y las extremidades superiores como las zonas más comúnmente lesionadas y con presencia de cicatrices, en alrededor del 70% de los casos (11). También en Camboya (29) se encontraron de 49% a 78% de casos con lesiones en el rostro, cuello y tórax de las víctimas de quemaduras de ácido. En México la intencionalidad de los agresores está dirigida principalmente al rostro (90%) por lo que el número de casos con lesiones en esta zona también es mayor que en otros países. Son las zonas anatómicas cercanas a la cara las que sufren lesiones, al igual que los brazos, quizá en un intento de defensa o protección.

Las lesiones por quemaduras en el rostro de mujeres han sido asociadas a mayor incidencia de síntomas de estrés postraumático, independientemente de la gravedad de la quemadura o el porcentaje corporal lesionado (30), aunque este último también tiene influencia en las reacciones y estrategias de afrontamiento (4). Es esperable entonces que las sobrevivientes mexicanas, al presentar lesiones en el rostro y en un elevado porcentaje corporal, también refieran síntomas postraumáticos, depresivos e ideación suicida. En una revisión narrativa de

artículos que analizan la presencia de cicatrices, advierten que las quemaduras son un recordatorio permanente del trauma, provocando emociones negativas (25), en este caso, las sobrevivientes en México también refieren recordar la agresión al observar las lesiones en su cuerpo. Resulta entonces prácticamente imposible que cese la experiencia de malestar psicológico mientras persista la huella física de la violencia.

Las alteraciones psicológicas son matizadas por la persistencia de las lesiones en sus cuerpos, la desfiguración facial y las perdurables limitaciones funcionales en sus vidas. Presentan alteraciones en la imagen corporal, debido a la dificultad para aceptarse y reconocer como suya su nueva apariencia física, no logran auto apropiarse de su cuerpo, por lo que hay inclusive una sensación de desintegración personal y requieren conformar una nueva identidad. Estudios previos han señalado que si las cicatrices son resultado de un ataque, son vistas como una marca del agresor, haciendo más difícil aceptar como propia esa imagen (25). También en este estudio se encontró que las víctimas mexicanas narran su dificultad de reconocerse nuevamente, de no autoaceptación de su cuerpo y de sus lesiones como propias.

Superar estas adversidades es más complejo frente al sistema público de salud en México que impone múltiples restricciones para el otorgamiento de los tratamientos necesarios para la rehabilitación estética de las víctimas. La medicina estética, los medicamentos, tratamientos y demás materiales necesarios para el manejo de quemaduras y de las lesiones dermatológicas no forman parte del cuadro básico de salud. Lo que dificulta el acceso de las sobrevivientes a tratamientos que suelen ser costosos de forma privada. Aunque la normativa nacional de atención a víctimas señala el derecho a la reparación integral del daño, que comprende las medidas de restitución, rehabilitación, compensación, satisfacción y garantías de no repetición, así como derecho a la atención, asistencia clínica especializada y ayuda inmediata (31), en la realidad, esto no sucede. Es a través de ayuda solidaria de médicos especialistas que gratuitamente les han realizado cirugías estéticas o reconstructivas y que han logrado avances en su recuperación. Pese a ello, enfrentan lentos procesos de mejora en su salud física, debido a que necesitan cubrir también el costo de quirófanos, hospitalización y material quirúrgico.

El número de operaciones realizadas a las víctimas es variable en cada caso. Waldron (29) identificó un promedio de 2 operaciones, con un rango de 0 a 18, en víctimas de ataques con ácido en Camboya. Las operaciones que han tenido que enfrentar las víctimas mexicanas supera por mucho el rango de aquel país, oscilando entre 0 y 250. En un primer acercamiento pareciera que el número de cirugías aumenta de acuerdo con el porcentaje de superficie corporal quemada, sin embargo, al análisis de los testimonios se advierte como resultado de las limitaciones para el acceso a cirugías en el sector de salud público y la dificultad para costearlas de forma privada. Por lo que en su mayoría requieren de más intervenciones de las recibidas.

Las sobrevivientes también refieren cicatrices causadas por la obtención de colgajos de piel para la reconstrucción de regiones anatómicas visibles; por lo que deben tolerar la pérdida de otras zonas sanas (las piernas principalmente) en su intento de recuperar la sanidad. Su recuperación se convierte en un círculo de avances y retrocesos físicos y emocionales.

En salud mental no hay una sola víctima que se describa con bienestar emocional, todas ellas refieren datos de malestar psicológico, desde la fecha de la agresión hasta el momento actual, aún aquellas que sufrieron el evento hace varios años. Ello demuestra la dificultad de superar el evento y dejar atrás las reacciones negativas debidas a las cicatrices que persisten.

Las reacciones psicopatológicas de tipo postraumático pueden conformar el trastorno de estrés postraumático o manifestarse en síntomas aislados. Son constantes los recuerdos intrusivos del delito, que también se reactivan al observar sus cicatrices; presentan pesadillas asociadas al ataque o al riesgo de futuras agresiones; dificultades para conciliar o mantener el sueño debido al estado de alerta elevado que mantienen para estar preparadas para probables ataques; la presencia de enojo e irritabilidad, molestándose fácilmente con personas a su alrededor.

Además, se encuentran en una constante incertidumbre y temor de nuevas violencias en su contra por parte de sus agresores. Se mantienen hipervigilantes y sobre activadas. Experimentan reacciones fisiológicas de ansiedad: taquicardia, dificultad para respirar, sensación de desmayo; preocupación constante, inquietud. Estas reacciones son comprensibles ante el riesgo real de perder la vida al que se enfrentaron y enfrentan ante nuevas cirugías, pero también ante nuevas diligencias procesales y ante los escasos avances para su acceso a la justicia.

Por su lado, las reacciones depresivas se advierten en la dificultad para disfrutar de actividades que hasta antes fueron agradables o placenteras, estado de ánimo deprimido (que suele describirse como un sentimiento de profunda tristeza), baja autoestima, ideas de culpabilidad (por lo ocurrido, por no alejarse a tiempo, por haberse separado del agresor, por no haber reaccionado para defenderse del ataque), pérdida del sentido de la vida, ideas de muerte, planeación e intentos suicidas. Esto último implica un riesgo adicional para sus vidas.

Las reacciones psicopatológicas que las víctimas presentan exigen atención psicoterapéutica y psicofarmacológica para el manejo de síntomas y para incrementar el desempeño funcional y su calidad de vida. Sin embargo, la atención psicológica recibida por las víctimas en las instituciones estatales ha sido en general insuficiente, debido a la falta de pericia y de sensibilización de los profesionales, a las escasas sesiones recibidas, así como a las visiones estereotipadas acerca de la mujer víctima de violencia. Las familias de las víctimas no reciben atención psicológica, pese a que, en su calidad de víctimas indirectas, las leyes de víctimas les otorgan ese derecho, en la práctica no sucede.

El delito ha convertido a las víctimas en personas en condición de discapacidad. Cinco víctimas mexicanas han sufrido daños en los ojos, han perdido un ojo o están en riesgo de perderlo, por lo que se encuentran en condición de discapacidad visual, una más reporta limitaciones para la movilidad del brazo derecho, lo que puede representar una discapacidad física para su desempeño cotidiano. Los trastornos mentales también están considerados como discapacidades psicosociales, debido a que provocan un nivel de funcionamiento disminuido en alguna área de la vida de la persona. Las víctimas suelen requerir cuidados de terceros y su nivel de autonomía se ve reducido. Estas limitaciones funcionales ocasionan pérdida de empleos y dificultades para el acceso a nuevas oportunidades laborales. La mayoría de las víctimas además de no tener empleo, tienen hijas e hijos que mantener, lo que dificulta su subsistencia, deben laborar pese a sus dificultades o subsistir gracias al apoyo de terceras personas y donaciones.

El cúmulo de efectos adversos ha impactado las vidas de las sobrevivientes y de sus familias. Los ataques se han suscitado durante su juventud en la mayoría de los casos. En esta etapa las personas suelen encontrarse en mayores condiciones de vulnerabilidad y con proyectos y sueños por delante. Entonces, las víctimas deben sobrellevar las afectaciones descritas el resto de su vida. Algunas de ellas refieren sentir que sus vidas les fueron arrebatadas, pues pasan a centrarse en su recuperación, en el acceso a la justicia, en esforzarse para sobrevivir.

Un estudio de cohorte en Camboya (29) encontró una tasa de mortalidad de 2%. En México cuatro víctimas fallecieron al momento del ataque y una más por complicaciones médicas, equivalente a 17.8% de mujeres víctimas. Esto muestra que los ataques con ácido sí ponen en riesgo la vida, ya sea durante la agresión, debido a complicaciones médicas o al riesgo de suicidio (26). Por lo que estamos ante una conducta con elevado potencial feminicida.

Los ataques con ácido, al igual que la violencia familiar (32), por el aumento de casos en los últimos años (18 casos) y por sus efectos nocivos e inclusive fatales, son un problema de salud pública, pues implica elevados costos para las instituciones de salud, para las víctimas y sus familias a consecuencia de las múltiples cirugías funcionales y reconstructivas, los costos de tratamientos médicos, medicamentos, pomadas, insumos médicos, de equipamiento médico especializado, atención por especialidades y subespecialidades médicas, los días de hospitalización después del ataque, las limitaciones funcionales y discapacidad que provocan, el tratamiento psicoterapéutico, psiquiátrico y psicofarmacológico. Por tanto, corresponde también a profesionales de la salud incidir en materia de prevención primaria y promoción de la salud y del buen trato para evitar la ocurrencia de nuevos casos, así como sensibilización para la atención digna y eficaz de las víctimas directas e indirectas. Son necesarias también políticas públicas que incidan en el acceso a tratamientos, rehabilitación y en el acceso a la reparación del daño de forma no demorada.

Los ataques con ácido son un fenómeno multidimensional que requiere una amplia gama de estrategias en diferentes niveles (4). Las víctimas requieren cirugías significativas, apoyo y rehabilitación a largo plazo (22). Por ello y con la finalidad de subsanar deficiencias en la atención institucional que las sobrevivientes refieren haber recibido, se plantean algunas propuestas para mejorar la atención en los servicios de salud, en el sistema de justicia y a nivel social (Tabla 3). El estado mexicano tiene una deuda pendiente con las víctimas, en el caso de las víctimas de ataques con ácido esta deuda es incalculable, sus vidas se han transformado por completo y de forma permanente, con cambios negativos que no cesarán a lo largo de sus vidas.

Tabla 3. Propuestas de mejora para la atención de sobrevivientes de violencia ácida. Se sugieren propuestas de acuerdo con la atención institucional que reportan haber recibido y las necesidades de las sobrevivientes.

Área	Propuesta de mejora
Servicios de salud	Elaboración de protocolos médicos especializados en quemaduras con ácido. Sensibilización del personal en perspectiva de género, violencia contra la mujer y violencia feminicida, buenas prácticas en la documentación, con la finalidad de evitar minimizar las afectaciones sufridas por las víctimas de ataques con ácido. Cobertura de tratamientos estéticos o reconstructivos. Cobertura de medicamentos e insumos médicos. Acceso a terapias físicas de rehabilitación. Intervención interdisciplinaria. Terapia psicológica especializada y continuada a sobrevivientes y familiares. Atención psiquiátrica y/o psicofarmacológica. Garantías para la atención como personas con discapacidad.
Sistema de justicia	Gestionar cambios legislativos para el aumento de las penas a los agresores, así como para la armonización jurídica de los ataques con ácido como una forma de violencia contra las mujeres, y de la tipificación del delito a nivel estatal y federal. Implementación de programas de prevención primaria, secundaria y terciaria. Implementación de acompañamiento psicológico procesal. Implementación de acompañamiento psicosocial al recibir servicios de rehabilitación física. Otorgamiento de asesoría jurídica especializada en víctimas de ataques con ácido. Garantía de acceso a la justicia y de sanción a los responsables. Implementación de medidas inmediatas de protección. Reparación integral del daño y garantías de no repetición. Capacitación especializada y sensibilización a operadores jurídicos (ministerios públicos, jueces, defensores, asesores jurídicos, primeros respondientes y cualquier otra persona servidora pública involucrada en la atención de casos) para el reconocimiento de los ataques con ácido como una forma de violencia género. Capacitación en el tema a los servicios forenses, peritación médica y psicológica especializada en víctimas de ataques con ácido y supervisión externa de las intervenciones periciales. Investigar y juzgar con la debida diligencia, con perspectiva de género e interseccionalidad.
Apoyo social	Implementación de mecanismos para el acceso al empleo y educación. Fortalecimiento de redes de apoyo social. Atención psicosocial y psicoeducación al grupo familiar que facilite el afrontamiento del ataque. Implementación de subsidios económicos y medidas transformadoras para una vida digna.

Conclusión

Los ataques con ácido y sus consecuencias deben ser reconocidos como una forma de violencia de género, cometida contra las mujeres por el hecho de serlo. Las lesiones debidas a los ataques con ácido ponen en riesgo la vida permanentemente, y provocan limitaciones funcionales y discapacidad física, visual y auditiva. Las sobrevivientes presentan múltiples afectaciones psicosociales, en la salud física y mental, en el área familiar, social, laboral, económica. Las víctimas se ven forzadas a enfrentar los efectos atroces de la violencia y, además, las trabas del sistema de justicia, de los servicios de salud y de las instituciones públicas en general, así como de la sociedad. Los ataques con ácido son un problema de salud pública, que exige ajustes legislativos para el aumento de sanciones a los agresores, la adecuación de los tipos penales, así como adecuaciones institucionales para facilitar el acceso de las sobrevivientes a la rehabilitación y a la justicia.

Los hallazgos evidencian efectos atroces de los ataques con ácido en las mujeres sobrevivientes; sus vidas, las de sus familias y sus proyectos de vida cambiaron abruptamente a consecuencia del ataque. Los ataques con ácido son una manifestación de violencia feminicida que precisa acciones inmediatas del estado mexicano para frenar su aumento y garantizar a las mujeres una vida libre de violencia. Se sugieren estudios futuros mediante evaluaciones psicológicas forenses especializadas a las sobrevivientes que permitan evidenciar la totalidad de afectaciones experimentadas.

Agradecimiento

Los autores externamos nuestro agradecimiento a la Fundación Carmen Sánchez Mx por su participación y por compartir la información recopilada.

Conflicto de interés

ARF declara que ha coadyuvado como experta en psicología forense en el proceso penal de una sobreviviente de ataque de ácido; la información derivada de esa intervención no está inserta en este documento. MCSF es sobreviviente de un ataque con ácido y junto con XRC pertenece a la Fundación Carmen Sánchez, por lo que sus aportaciones pueden estar permeadas por su condición de víctima. El resto de los autores de este manuscrito no tienen algún conflicto de interés que pueda afectar el análisis realizado, y revisaron el documento para mantener la objetividad.

Declaración de ética

Las entrevistas realizadas por la Fundación Carmen Sánchez a las sobrevivientes fueron previa obtención de su consentimiento informado, explicando las limitaciones a la confidencialidad y el anonimato de sus datos personales; por lo que se apegan a las normas éticas internacionales.

Bibliografía

1. Santillán P. Violencia ácida: el verdadero borrado de mujeres. *Yaa México*. 2021 Oct 20.
2. Kaur N, Kumar A. Vitriolage (vitriolism) - a medico-socio-legal review. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020 Sep 1;16(3):481–8.
3. Araujo Villalobos AC. Los ataques con agentes químicos como forma de violencia extrema contra las mujeres en Colombia. *Revista Temas Socio Jurídicos*. 2017;36:13–33.
4. Sabzi Khoshnami M, Mohammadi E, Addelyan Rasi H, Khankeh HR, Arshi M. Conceptual model of acid attacks based on survivor's experiences: Lessons from a qualitative exploration. *Burns*. 2017 May 1;43(3):608–18.
5. Mariño H. Violencia de género: Cuando en Europa los hombres desfiguraban con ácido a las mujeres | Público. Público. 2020;
6. Bohórquez Ruiz Z, Córdova Calderón M. Femicidio en Iberoamérica. In: Maffioletti Celedón F, Contreras Taibo L, editors. *Psicología, víctimas y justicia*. Valencia: Tirant lo Blanch; 2018. p. 265–300.
7. Procuraduría General de la República PGR. Protocolo de investigación ministerial, Policial y pericial con perspectiva de género para el delito de feminicidio. México: PGR; 2015. p. 84.
8. Song, M., Armstrong, A., Murray A. Acid attacks: Broadening the multidisciplinary team to improve outcomes. *Burns*. 2019;46(3):514–519. Código Penal Federal. México; 2021.
9. Congreso de la Ciudad de México. Código Penal para el Distrito Federal (actual Ciudad de México) (Internet). Ciudad de México, México; 2020.
10. Farhad H, Naghibzadeh B, Nouhi AH, Rad HE. Acid burn violence in Iran. *Ann Burns Fire Disasters* (Internet). 2011 Sep 30;24(3):138–40.
11. Byard RW. The manifestations of acid attacks (vitriolage or vitriolism). *Forensic Sci Med Pathol*. 2020 Sep 1;16(3):387–8. Cámara De Diputados. Ley general de acceso de las mujeres a una vida libre de violencia. Mexico; 2022 p. 1–63.
12. Congreso del Estado de Oaxaca. Código penal del estado de Oaxaca. 2021.
13. Congreso de Baja California Sur. Código Penal de Baja California Sur. 2021.
14. Congreso del Estado de San Luis Potosí. Código Penal de San Luis Potosí. 2021.
15. Congreso del Estado de Aguascalientes. Código penal de Aguascalientes.
16. Congreso del Estado de México. Código penal del Estado de México. 2021.
17. Congreso del estado de Hidalgo. Código penal del estado de Hidalgo. 2021.
18. Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres ONU Mujeres, Instituto Nacional de la Mujeres INMUJERES, Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia Contra las Mujeres CONAVIM. *Violencia Femenicida en México: Aproximaciones y tendencias*. México; 2020.
19. Organización de Estados Americanos. Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia Contra la Mujer “Convención de Belem Do Pará.” 1994.
20. ASTI. Un problema mundial (Internet). Acid Survivors Trust Internacional. 2021
21. Didcott S, Taylor J. The impact of assault by vitriolage on quality of life: Integrative review. *J Adv Nurs*. 2019 Nov 1;75(11):2461–77.
22. Waqas A, Raza N, Zahid T, Rehman A, Hamid T, Hanif A, et al. Predictors of post-traumatic stress disorder among burn patients in Pakistan: The role of reconstructive surgery in post-burn psychosocial adjustment. *Burns*. 2018 May 1;44(3):620–5.
23. Ngaage M, Agius M. THE PSYCHOLOGY OF SCARS: A MINI-REVIEW. *Psychiatr Danub*. 2018;30:633–8.
24. Fundación Carmen Sánchez Mx. Registro de víctimas de ataques con ácido en México. Fundación Carmen Sánchez Mx; 2022.
25. INEGI. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE). México; 2021.
26. Haddadin W. Assault by burning in Jordan. *Ann Burns Fire Disasters*. 2012 Dec 31;25(4):214.
27. Waldron NR, Kennifer D, Bourgois E, Vanna K, Noor S, Gollogly J. Acid violence in Cambodia: The human, medical and surgical implications. *Burns*. 2014 Dec 1;40(8):1799–804.
28. Fukunishi I. Relationship of Cosmetic Disfigurement to the Severity of Posttraumatic Stress Disorder in Burn Injury or Digital Amputation. *Psychother Psychosom*. 1999 Mar;68(2):82–6.
29. México C de D. Ley General de Víctimas.
30. Secretaría de Salud. NOM-046-SSA2-2005. Violencia familiar, sexual y contra las mujeres. criterios para la prevención y atención. México; 2009.

31. Didcott S, Taylor J. The impact of assault by vitriolage on quality of life: Integrative review. *J Adv Nurs*. 2019 Nov 1;75(11):2461–77.
32. Waqas A, Raza N, Zahid T, Rehman A, Hamid T, Hanif A, et al. Predictors of post-traumatic stress disorder among burn patients in Pakistan: The role of reconstructive surgery in post-burn psychosocial adjustment. *Burns*. 2018 May 1;44(3):620–5.
33. Ngaage M, Agius M. The psychology of scars: a mini-review. *Psychiatr Danub*. 2018;30:633–8.
34. Fundación Carmen Sánchez Mx. Registro de víctimas de ataques con ácido en México. Fundación Carmen Sánchez Mx; 2021.
35. INEGI. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE). México; 2021.
36. Haddadin W. Assault by burning in Jordan. *Ann Burns Fire Disasters*. 2012 Dec 31;25(4):214.
37. Waldron NR, Kennifer D, Bourgois E, Vanna K, Noor S, Gollogly J. Acid violence in Cambodia: The human, medical and surgical implications. *Burns*. 2014 Dec 1;40(8):1799–804.
38. Fukunishi I. Relationship of Cosmetic Disfigurement to the Severity of Posttraumatic Stress Disorder in Burn Injury or Digital Amputation. *Psychother Psychosom*. 1999 Mar;68(2):82–6.
39. Secretaría de Salud. NOM-046-SSA2-2005. Violencia familiar, sexual y contra las mujeres. Criterios para la prevención y atención. México; 2009.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Identificación de huellas latentes forjadas sobre superficies porosas

Gerardo Narcotti Gastón^{1,2} ✉, Nahir Segovia Micaela³¹ Tecnicatura en Papiloscopía, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Entre Ríos, Paraná, Argentina.² División Química Forense y Toxicología, Dirección Criminalística, Policía Entre Ríos. Paraná, Argentina.³ División Antecedentes Personales, Dirección Criminalística, Policía Entre Ríos, Paraná, Argentina.

✉ narcottigaston@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Narcotti Gastón Gerardo, Segovia Micaela Nahir 2022. Identificación de huellas latentes forjadas sobre superficies porosas. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1) 22-38 pp.

Editor: Vicente Torres Zúñiga.

Recibido: 4 octubre 2022

Aceptado: 13 Diciembre 2022.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Existe escasa información sobre las características de las huellas latentes falsificadas en papel lo que puede dar lugar a una estimación errónea de la validez de un examen de dactiloscopia. El estudio de huellas dactilares forjadas a partir de una impresora de inyección de tinta, donde los cartuchos se han llenado con una solución de aminoácidos, puede generar un punto de partida para analizar y establecer las características a evaluar en una huella dactilar revelada mediante reactivos químicos. Para establecer la validez de las huellas latentes reveladas con ninhidrina, el presente estudio intenta evitar errores de estimación comparando las características presentes en las huellas naturales y falsificadas. Proponemos ajustar la forma en que el examinador de huellas dactilares analiza las impresiones ya que estudiar las características de los niveles 1 y 2 no asegura que la persona haya depositado la huella que lo distingue. Así, el análisis microscópico de cada huella dactilar determinará si dicha huella es válida o no, por lo que este tipo de exploración más profunda debería ser imprescindible cuando se hayan recuperado huellas latentes en papel aplicando el reactivo revelador de ninhidrina u otras sustancias similares.

Palabras clave: ciencia forense, huellas latentes forjadas, ninhidrina, DFO, reactivo revelador de aminoácidos, superficies porosas, huellas latentes.

Abstract

Little information about the characteristics of forged latent prints on paper may lead to an erroneous estimate of the validity of a dactyloscopy exam. Studying fingerprints forged from an inkjet printer, where cartridges have been filled with an amino acid solution, can generate a starting point for analyzing and establishing the characteristics to be evaluated in a developed fingerprint. In order to establish the validity of latent prints developed with ninhydrin, the present study attempts to avoid estimation errors by comparing features present in natural and forged prints. We propose adjusting how the fingerprint examiner analyzes the impressions since studying the characteristics of levels 1 and 2 does not ensure that the person's bearing has deposited the impression that the fingerprint distinguishes. Thus, the microscopic analysis of each fingerprint will determine if this fingerprint is valid or not, so this type of deeper exploration should be essential when latent prints have been recovered on paper by applying the ninhydrin developer reagent or other similar substances.

Keywords: forensic science, forged latent prints, ninhydrin, DFO, amino acid revealing reagent, porous surfaces, latent prints.

Introducción

Durante los últimos años, distintos artículos han sido publicados respecto de la vulnerabilidad y dificultad que presentan los dispositivos electrónicos de escaneo para reconocer huellas fabricadas artificialmente (1,2). De igual forma, otros han centrado su atención en las huellas fabricadas de forma artificial, pero con énfasis en la determinación de aquellas características que posibiliten su detección, principalmente para reconocer y detectar huellas fraudulentas producidas por funcionarios corruptos (3,4,5). Es entonces evidente la preocupación general en la comunidad científica por posibles errores o incapacidades para evaluar y calificar una impresión digital como válida, es decir, ya no basta que una impresión digital tomada en la escena de un delito cumpla con la cantidad necesaria de puntos característicos o que su imagen posea suficiente integridad para que su patrón fundamental pueda reconocerse con claridad; ahora es un requisito adicional que la huella no muestre signos de haber sido fraguada de alguna forma. Según George Bonebrake (6), entre las huellas latentes falseadas se pueden distinguir dos categorías, las impresiones “fabricadas” y las “forjadas”, donde una huella forjada es una impresión la cual existe en realidad en una superficie, pero que no fue dejada por la persona cuya huella digital representa. Mientras que una huella latente fabricada es una representación de una impresión que nunca existió en la superficie de la cual supuestamente proviene. De esta forma las impresiones fabricadas evidencian signos o características, inconsistentes con impresiones latentes reales, propias de la forma en la cual han sido realizadas (5).

En huellas fabricadas a partir del uso de fichas dactiloscópicas como fuente de la impresión, las huellas obtenidas muestran una excesiva calidad de definición (*too good to be truth*) y dibujos propios de impresiones rodadas o tomadas en forma antero posterior. En otras ocasiones el soporte con el cual se ha realizado el levantamiento de las huellas fabricadas muestra patrones no coincidentes con los de la superficie donde supuestamente se hallaba depositada la huella, o bien, simplemente ausentes, evidencia clara de que dicha huella nunca estuvo presente en el objeto analizado. No obstante; los avances realizados en cuanto a la capacidad para reconocer impresiones latentes fabricadas, muy poco se ha escrito acerca de las impresiones latentes forjadas, sólo autores como Pat A. Wertheim (7) han indicado métodos para el forjado de huellas digitales latentes y las características inherentes de las huellas obtenidas. Este señala la existencia de tres posibles métodos para forjar una huella. El primero, y más ampliamente difundido, consiste en la creación de un molde tridimensional del dedo que posee la huella digital que se desea forjar. A partir de este molde se pueden obtener, en diferentes tipos de materiales blandos, reproducciones del dedo con la huella deseada con el cual se pueden depositar huellas en cualquier tipo de superficie. El segundo método, denominado *fotoengraving*, consiste en la obtención de una representación tridimensional de la huella que se quiere fraguar a partir de una imagen bidimensional. Esta puede ser obtenida de una

fotografía o negativo de una impresión revelada o de una huella presente en una ficha dactiloscópica. Luego la representación tridimensional puede ser utilizada como molde para crear un sello blando de la huella. El tercer método de forjado es metodológicamente el más sencillo de los tres ya que se trata de la transferencia directa de una huella latente de un objeto a otro por simple presión entre ambos objetos. No obstante, al conocimiento de estos posibles métodos de forjado de huellas latentes y a la comprobación de que los mismos han sido empleados en casos reales (7), hemos encontrado que la consideración de éstos como los únicos procesos de forjado de huellas latentes sería un error el cual podría conducirnos a estimar de forma equivocada validez de una impresión latente. Es por ello la intención de nuestro trabajo, el profundizar en este campo de las impresiones latentes forjadas, particularmente en materiales porosos debido a que gran parte de la evidencia con la cual debe lidiar un examinador de huellas se trata de trozos de papel, sobres, billetes, etiquetas y/o recibos de cajeros automáticos. En tal sentido este tipo de soporte debe ser considerado con suma atención no sólo en busca de metodologías que permitan revelar más huellas latentes y con mayor calidad, sino también para asegurar que las impresiones obtenidas sean confiables y no hayan sido impuestas de forma intencional a fin de inculpar a un tercero.

Teniendo en cuenta lo enunciado, este trabajo pretende establecer las características particulares que puedan presentar huellas latentes forjadas sobre papel mediante una impresora de chorro de tinta cuyos cartuchos han sido rellenos con una solución de aminoácidos. La elección del material de relleno no es para nada casual ya que este tipo de sustancias orgánicas representa uno de los componentes mayoritarios del sudor (8) y pueden ser fácilmente revelados en papel por medio de distintos reactivos químicos a partir de la formación de productos coloreados o fluorescentes. La ninhidrina, a partir de su reacción con aminas primarias y secundarias para formar un producto coloreado denominado púrpura de Ruhemann, se ha convertido en una de las técnicas de revelado más populares en materiales porosos (9). Otro de los reactivos ampliamente difundido para este tipo de soportes se trata del reactivo revelador 1,8-diazafluoren-9-one (DFO) gracias a su capacidad para generar un producto coloreado ligeramente púrpura cuando reacciona con los aminoácidos, pero que ante iluminación ultravioleta fluoresce intensamente a temperatura ambiente sin necesidad de un tratamiento secundario (9).

Material y método

Reactivos

Para la preparación del reactivo revelador se disolvieron 5 g de Ninhidrina (Biopack Argentina) en una mezcla de etanol (75 ml), acetato de etilo (25 ml) y ácido acético (3 ml), para luego agregar el heptano (1000 ml).

La aplicación de este reactivo se efectuó por aspercionado. Se llenó una botella aspersora con la solución y se esparció sobre el objeto a peritar, desde una distancia no menor a 15 cm, logrando un fino spray. Luego que se evaporó el solvente, se expuso el soporte a una fuente de calor de 80°C, evitando que la temperatura exceda los 90°C. La humedad fue controlada siendo la misma de 80 % aproximadamente.

La solución de L-serina se preparó disolviendo 2,59 mg de L-serina en 1000 ml de agua destilada, ya que esta concentración representa el valor máximo hallado en una impresión latente (10), mientras que L-serina es el aminoácido más abundante (11,12,13).

Preparación de las huellas latentes naturales

Con el objetivo de poder evaluar las características exhibidas por las huellas latentes naturales y por las huellas latentes forjadas por la metodología propuesta, se realizó el estudio por etapas. En primera instancia, y sólo con el objeto de establecer si existían discrepancias notorias entre las impresiones dejadas por secreciones naturales y las dejadas con la disolución de L-serina, se realizó un muestreo del tipo no probabilístico evaluando una serie de 120 impresiones digitales latentes, de las cuales sesenta fueron depositadas emulando impresiones dejadas durante la manipulación del soporte de papel, donde las yemas de los dedos sólo estuvieran cubiertas por el material secretado por el organismo. Las restantes sesenta fueron estampadas, manipulando de igual manera un soporte de papel, pero reemplazando las secreciones naturales, luego de un exhaustivo lavado de las manos, con una solución de aminoácidos, preparada a partir del reactivo L-serina y agua destilada. En esta primera etapa se intentó estimar si la mezcla ecrino sebácea de residuos que conforman una impresión digital latente puede modificar el estampado, fluidez del residuo y la definición de una huella posteriormente revelada, y si dicha composición la diferencia de una huella latente dejada por dígitos cubiertos con una solución L-serina, cuya fluidez es mayor. De igual manera, y a fin de observar si había incidencia del soporte en la calidad de las huellas estampadas, el total de las impresiones fueron depositadas sobre hojas de papel A4 (material de soporte) en diferentes tipos de gramajes (70 g/m², 75 g/m² y 80 g/m²). De hallarse diferencias notorias y evidentes entre las huellas latentes naturales y las generadas con dedos humectados con solución de L-serina, haría improcedente el método de forjado de impresiones latentes propuesto.

Procesamiento de las huellas latentes naturales

El total de las impresiones digitales preparadas anteriormente se secaron durante una hora, luego de lo cual, cada una de las hojas fue procesada con el reactivo revelador ninhidrina (15), el cual se aplicó por aspersión. Posteriormente las impresiones fueron reveladas en horno a 80°C durante 10 minutos.

Reconocimiento de características de las huellas latentes naturales

Habiéndose establecido luego del proceso de revelado, que tanto las huellas estampadas con secreciones naturales como así también las dejadas con dígitos mojados con L-serina, no exhibían deferencias notorias y evidentes, en cuanto al grosor de las crestas y surcos, es decir en la difusión en el papel de los aminoácidos revelados, es que se procedió con el análisis de las 60 huellas latentes naturales, reveladas en los tres tipos de gramajes, con el fin de localizar características repetitivas entre ellas.

Debido a que la secreción natural de sudor no es constante en su volumen, como así tampoco la concentración de sus constituyentes (14), el revelado de las impresiones naturales latentes suelen presentar un aspecto no homogéneo, ver figura 1, situación no observada en las impresiones latentes dejadas con dedos humectados con L-serina. Es la distribución dispar de los aminoácidos en el residuo que compone una huella latente natural, lo que puede generar impresiones reveladas con intensidades y calidades de definición variada, aun dentro de la misma impresión.

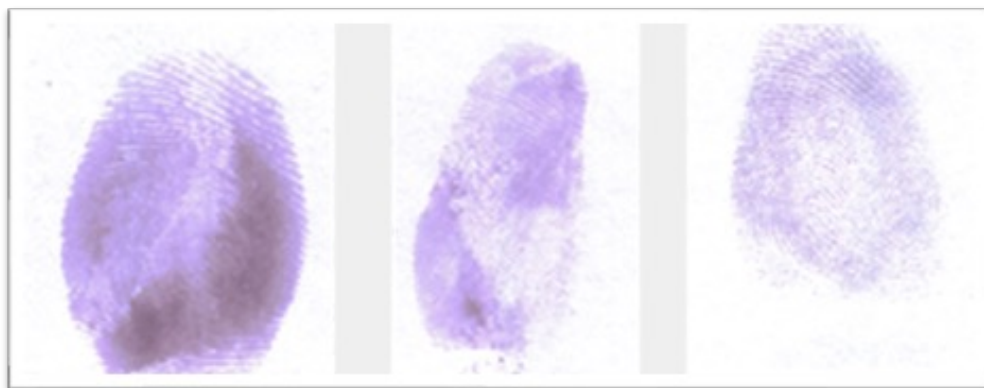


Figura 1. Huellas latentes naturales reveladas con ninhidrina. Aquí podemos observar como la distribución no homogénea del residuo que compone la impresión latente y la concentración dispar a lo largo y ancho del diseño de la huella, determina la calidad de definición de la impresión digital revelada.

Debido a que la secreción natural de sudor no es constante en su volumen, como así tampoco la concentración de sus constituyentes (14), el revelado de las impresiones naturales latentes suelen presentar un aspecto no homogéneo, ver figura 1, situación no observada en las impresiones latentes dejadas con dedos humectados con L-serina. Es la distribución dispar de los aminoácidos en el residuo que compone una huella latente natural, lo que puede generar impresiones reveladas con intensidades y calidades de definición variada, aun dentro de la misma impresión.

Al realizar una comparación visual de una impresión digital obtenida por entintado con una huella digital latente natural, se puede apreciar que las

huellas latentes naturales suelen mostrar crestas más amplias que los surcos, ver figura 2, lo cual se debe en parte a la diferencia en la fluidez del sudor y de la tinta con que se toma habitualmente una impresión digital.

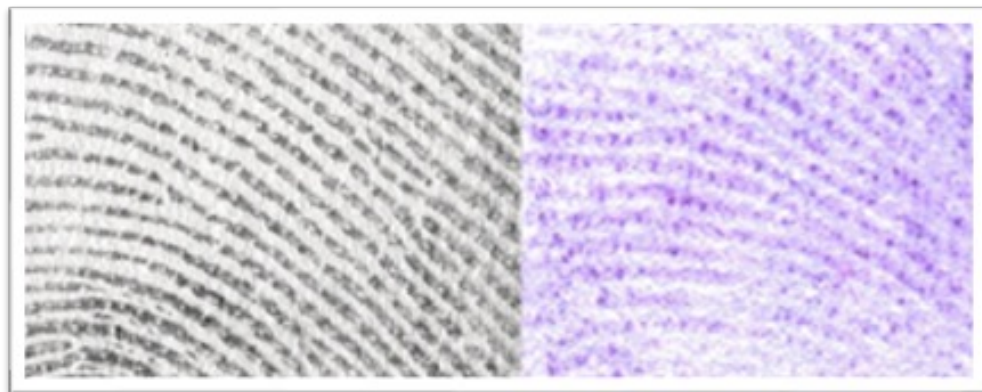


Figura 2. Huella obtenida por entintado (izquierda). Huella latente revelada con ninhidrina (derecha). Se aprecia diferencia en el ancho de las crestas y surcos entre ambos tipos de huellas.

Otra característica observada en más del 90 por ciento de las huellas naturales reveladas, es que las impresiones no presentaban poros. Esta particularidad podría deberse a la cantidad de material secretada por el donante, razón por la cual podría no ser extensiva a otros y por ende no puede ser tomada como una característica constante. Por otra parte, cuando la cantidad de material secretada por el donante no era suficiente o no se encontraba distribuida de forma homogénea en la cresta del dígito, las impresiones se encontraban formadas por puntos, es decir, no era una línea definida, si no que la misma está conformada por un conjunto de puntos sucesivos (ver fig.3).

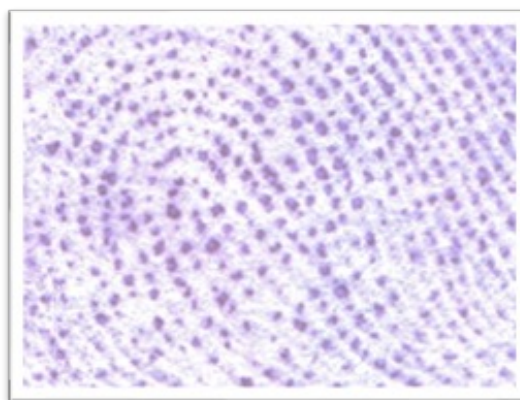


Figura 3. Huella latente natural revelada con ninhidrina. Aquí podemos observar crestas conformadas por puntos sucesivos.

Una particularidad adicional, que pudo observarse en aproximadamente el 50% de las 60 huellas latentes naturales que fueran reveladas, es que se visualizaron puntos o pequeñas manchas (ver Figura 4) de color intenso las cuales podrían deberse a descamación de células impregnadas en aminoácidos o bien aglomeraciones de moléculas reactivas a la ninhidrina.

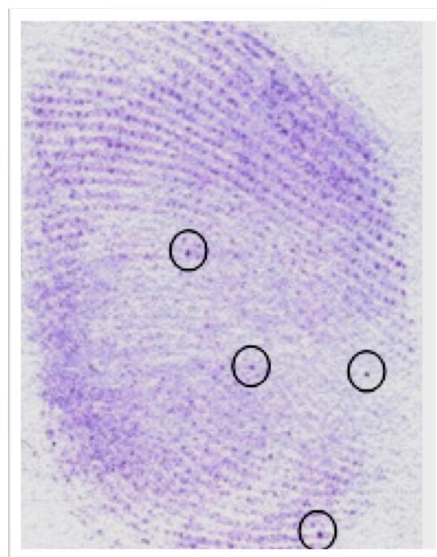


Figura 4. Huella latente natural revelada con ninhidrina, dentro de las crestas pueden observarse defectos propios de la segregación del sudor como pequeños puntos de color más intenso.

De esta forma las características que distintivas de las huellas naturales latentes, reveladas mediante el reactivo ninhidrina, pueden condensarse de la siguiente forma:

- Las crestas siempre se presentan más amplias que los surcos, respecto de las impresiones obtenidas por entintado, debido a la diferente fluidez del residuo y la tinta para la toma de fichas decadactilares. Asimismo, presentan irregularidad en la definición de sus bordes.
- Las crestas formadas por puntos, es decir, por una línea discontinua y no definida, es un suceso que puede observarse en una huella natural latente debido a una distribución dispar del residuo natural sobre la cresta digital al momento de estampar la impresión.
- Al igual que en caso anterior, puede observarse empaste de la impresión revelada cuando hay una excesiva cantidad de sudor cubriendo la superficie del dígito.

Debido a la heterogeneidad con que puede conformarse el residuo de una huella natural latente, y por ello, las distintas formas en que puede estamparse una impresión digital latente, es que las características anteriormente descriptas no

pretenden representar todas y cada una de las maneras en que puede presentarse una impresión latente, sin embargo, representan y verifican las características observadas habitualmente en la labor cotidiana y por ello se consideran para el presente trabajo, como condiciones que podrían cumplir impresiones digitales latentes no forjadas o artificialmente impuestas sobre un objeto poroso.

Preparación de las huellas latentes forjadas

Habiendo establecido que características particulares podrían o deberían observarse en impresiones digitales latentes depositadas sobre objetos porosos y reveladas mediante el reactivo revelador ninhidrina, es que se continuo por desarrollar el proceso de forjado que mejor imitara impresiones naturales latentes.

Obtención de la impresión digital a forjar

Dado que una impresión latente forjada requiere necesariamente de una huella original de la cual obtener sus características de nivel 1, 2 y 3, la calidad de ésta “huella original” y su forma de adquisición condicionará toda la información contenida en ella. Es por ello que la huella original fue generada mediante el entintado del dedo pulgar derecho de la persona que impusiera las huellas latentes naturales, tomando la huella de manera antero-posterior. Una vez obtenida la huella con la calidad deseada, ésta fue escaneada en distintas calidades de resolución, optándose por las imágenes obtenidas en 1200 dpi.



Figura 5. Ficha decadactilar de la cual se obtuvo la huella original. En el recuadro se encuentra ampliada la imagen del dígito pulgar derecho.

Generación de las huellas latentes forjadas

Para la realización de las huellas latentes forjadas, las imágenes obtenidas de la huella original en su máxima resolución, fueron preservadas como archivos de extensión JPG, nombrándose “hreal1200dpi”, de acuerdo a la calidad con la

cual fuera escaneada. Cada imagen fue impresa en hojas de papel tipo copia de variado gramaje (70, 75 y 80 gr/m²) mediante una impresora de chorro de tinta marca Kodak, modelo ESP C310, en donde la tinta original del cartucho negro fue removida y reemplazada por una solución del aminoácido L-serina (2,59 mg de alanina en un litro de agua destilada). Para la extracción de la tinta original del cartucho se utilizó una jeringa, eliminando la tinta restante por medio de lavados sucesivos con agua destilada y una solución de L-serina.

Finalmente, la impresión de las huellas latentes forjadas se realizó en tres valores de resolución diferentes 300 ppp, 600 ppp y 1200 ppp, econofast, normal y óptimo respectivamente. De esta manera se obtuvo un total de 54 impresiones las cuales contenían imágenes latentes correspondientes a tres calidades diferentes de resolución de impresión en tres tipos de hojas de gramajes diferentes.

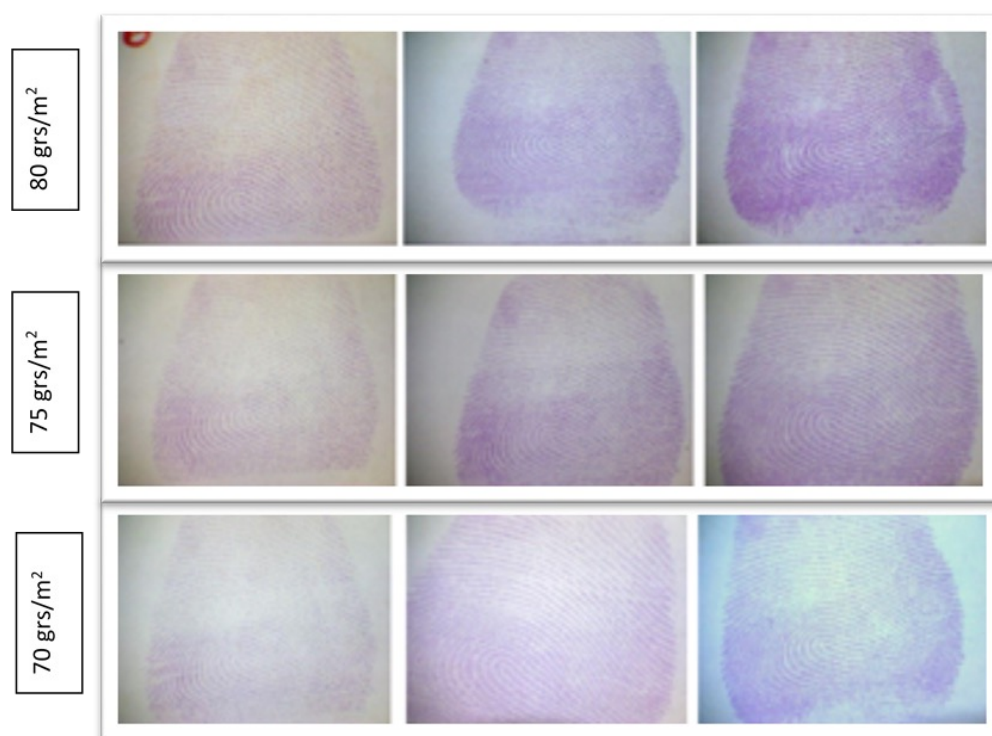


Figura 6. Imágenes de las impresiones forjadas, impresas en diferentes calidades de impresión (de izquierda a derecha 300 ppp, 600 ppp y 1200 ppp) y sobre papeles de distinto gramaje (80, 75 y 70 gr/m²). En todos los casos, las impresiones digitales fueron reveladas mediante el reactivo revelador ninhidrina.

Reconocimiento de características de las huellas latentes forjadas

Luego de realizadas las impresiones con la solución de L-serina, en distintas calidades de definición y en diferentes gramajes de papel, todas las impresiones fueron reveladas mediante el reactivo ninhidrina. De las huellas reveladas se pudo apreciar al menos tres características sobresalientes:

- La calidad de impresión óptima (1200 dpi), generó huellas con mayor cantidad de aminoácidos y por tanto huellas que se revelaron con mayor intensidad y mayor definición.
- Las imágenes al ser obtenidas de fichas dactiloscópicas se exhibían “planas” y “homogéneas” a lo largo de todo su diseño sin la distribución dispar de material ecrino (aminoácidos) como se observara en las huellas latentes naturales.
- Algunas de las impresiones reveladas exhibían patrones lineales propios del proceso de impresión inkjet los que de ninguna manera pueden observarse en las huellas naturales latentes.

Del análisis microscópico de las huellas latentes forjadas se pudo observar un detalle particular y evidente de que la huella revelada no se trataba de una impresión digital verdadera, sino que se encontraba forjada por un dispositivo que dispensaba material en forma de pequeñas gotas.

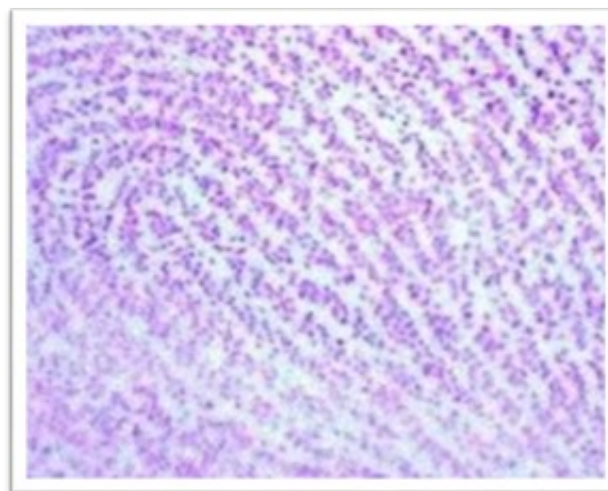


Figura 7. Imagen de la porción nuclear de una de las impresiones forjadas. Aquí podemos notar como la misma se conforma a partir de puntos de material.

Proceso de optimización de las huellas forjadas.

Basados en las observaciones, tanto macro como así también microscópicas obtenidas con microscopio digital USB, marca Microview, las imágenes de las huellas escaneadas fueron modificadas digitalmente mediante el software Adobe Photoshop CS3. Por medio de este software se alteraron tanto los valores de brillo y saturación. Asimismo, se ajustó la calidad de impresión ya que calidades de impresión muy elevadas conducían a mayor deposición de microgotas de L-serina. Vale aclarar que estos ajustes se hicieron mediante el proceso de prueba y error, ya el sistema de impresión inkjet consiste de un cabezal móvil el cual imprime imágenes sobre papel mediante la proyección

de gotas de tamaño controlado menores a 100 micrómetros de diámetro (microgotas), pero que, debido a que dicho control del tamaño depende de la viscosidad del fluido o tinta, el reemplazo de la tinta por una solución menos viscosa de L-serina en agua, desvirtuaba el tamaño de gota que se esperaba por defecto para determinadas calidades de impresión.

Por otra parte, se ajustaron las imágenes eliminando el fondo de las mismas y transformándolas a escala de grises a fin de obtener huellas más nítidas, con mayor contraste y sin coloración en los valles de la huella (ver Figura 8).



Figura 8. Secuencia de imágenes impresas en tres tipos de papel (arriba hacia abajo: 80 g/m², 75 g/m², 70 g/m²), sin modificación del brillo (20 %) y diferente saturación (de izquierda a derecha 50 %, 100 %, 200 %, 400 %) y reveladas mediante el reactivo ninhidrina.

A partir de los ajustes mencionados se pudo conseguir imitar ciertas características “distintivas” observadas en las impresiones latentes naturales tales como la falta de distribución homogénea de material que redundaba en intensidad de revelado dispar. Si bien esto no se logró modificando la concentración de L-serina, si se pudo realizar alterando la cantidad de microgotas dispensadas en cada punto de la imagen a partir del ajuste del brillo y la saturación. Esto resultó en sectores más cargados de microgotas y en otros menos cargados, consecuentemente más y menos coloreados a partir de su reacción con la ninhidrina.

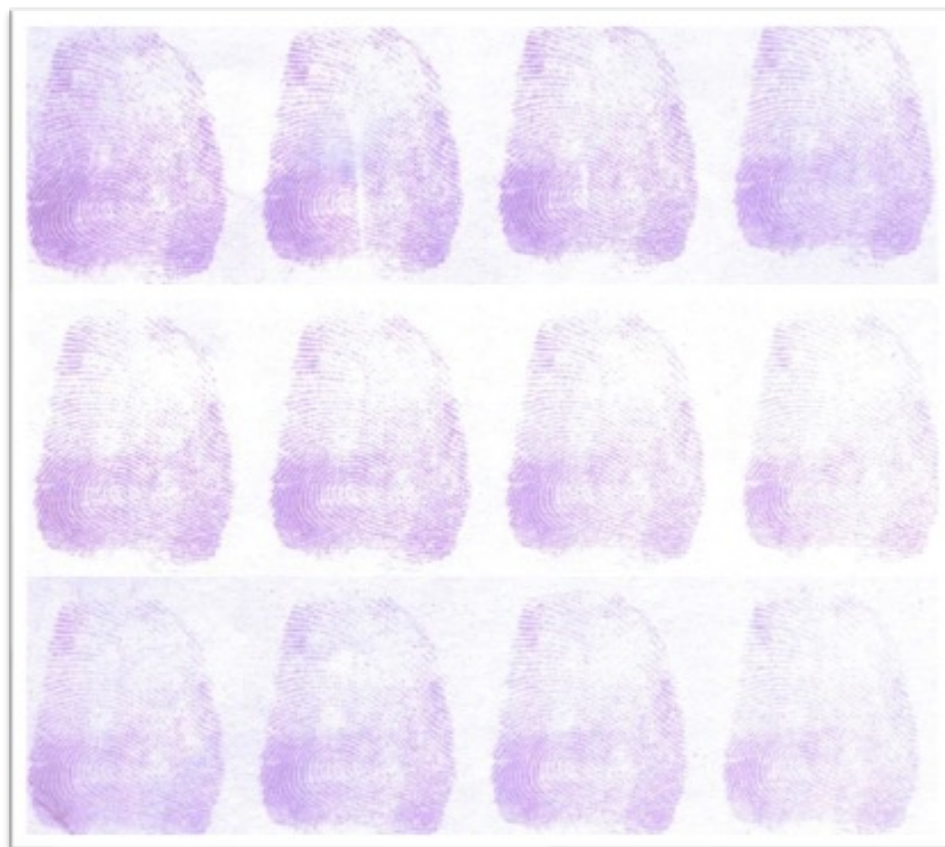


Figura 9. Secuencia de imágenes impresas en tres tipos de papel (arriba hacia abajo: 80 g/m², 75 g/m², 70 g/m²), con un mismo valor de brillo (20%) y diferente saturación (de izquierda a derecha 50%, 100%, 200%, 400%) y reveladas mediante el reactivo ninhidrina.

Es importante destacar que las impresiones forjadas se intentaron realizar emulando impresiones latentes naturales con baja concentración de aminoácidos, típicas de aquellas huellas latentes dejadas por dígitos que han tocado diferentes superficies previo a estampar la huella en cuestión. Estas por tanto, suelen tener una tenue coloración violácea, exhibiendo sectores con tinciones intensas o bien en blanco con tinciones de la huella difícilmente perceptibles a ojo desnudo, como así también líneas discontinuas.

Resultados y discusión

Como puede inferirse a partir de la figura 10, la heterogeneidad que pueden exhibir las impresiones digitales latentes naturales, en cuanto a la calidad de definición e integridad, es enorme, lo cual dificulta establecer con certeza cuales son las características propias de aquellas impresiones forjadas. En la figura 11, vemos como esta dificultad se hace palpable, donde a pesar de haber capturado

las imágenes con los instrumentos ópticos habituales (lupa cuenta hilos y cámara fotográfica) no se puede reconocer una diferencia evidente que nos haga sospechar de que la impresión forjada no es verdadera.

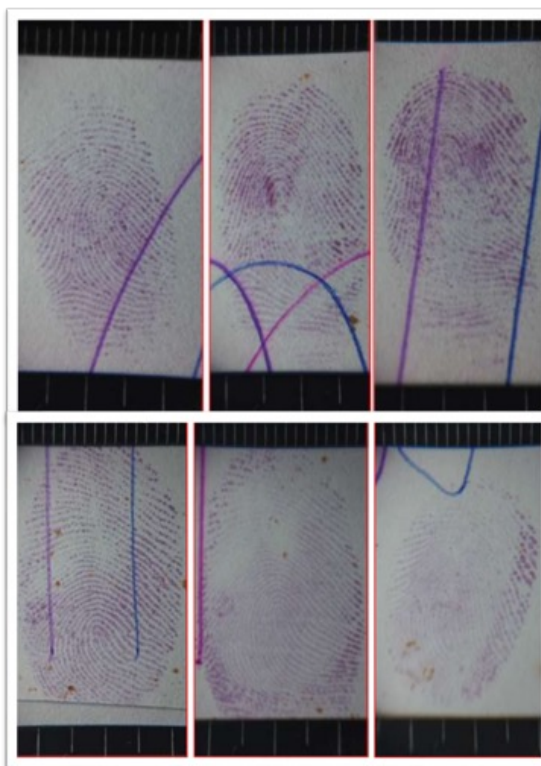


Figura 10. Secuencia de imágenes obtenidas de huellas latentes naturales luego de ser reveladas mediante el reactivo ninhidrina. Aquí se puede notar que a pesar de haberse realizado la captura fotográfica a través de una lupa cuenta hilos, las crestas reveladas, aun en los casos más intensos, no permiten observar en detalle la conformación de las líneas



Figura 11. Comparación entre una huella latente forjada (izquierda) y una huella latente natural (derecha) ambas reveladas mediante el reactivo ninhidrina. En ambas imágenes se han ajustado los valores del contraste y brillo a fin de evidenciar con mayor claridad la dificultad con que se encontraría quien enfrente una huella forjada por el método propuesto.

Como resultado de este trabajo de investigación pudimos reconocer que la gran mayoría de las características que distinguen o que nos permiten establecer la originalidad de una huella latente natural, bajo un análisis superficial, pueden ser emuladas ajustando los distintos parámetros de impresión, de escaneo de la imagen real o bien modificando digitalmente la imagen mediante un software. Asimismo, pudimos detectar como único parámetro característico de una huella forjada la presencia de líneas de crestas conformadas por pequeños puntos distribuidos en toda su extensión, característica particular debida a la forma en que la impresora realiza la impresión de imágenes en papel por medio de microgotas. Corresponde entonces destacar que, esta peculiaridad podría indicarnos que nos encontramos frente a una impresión forjada y por tanto no verdadera. Sin perjuicio de lo indicado, nuestro estudio nos permitió establecer que esta característica puede ser invisible en los papeles de bajo gramaje ya que por ser más absorbentes los puntos dejados por las microgotas tienden a difundir y a fusionarse, imitando una de las características observadas en las impresiones digitales latentes naturales. De igual forma, la observación bajo lupa cuenta hilos, es decir con pocos aumentos, en las impresiones forjadas esta particularidad no pudo ser observada.

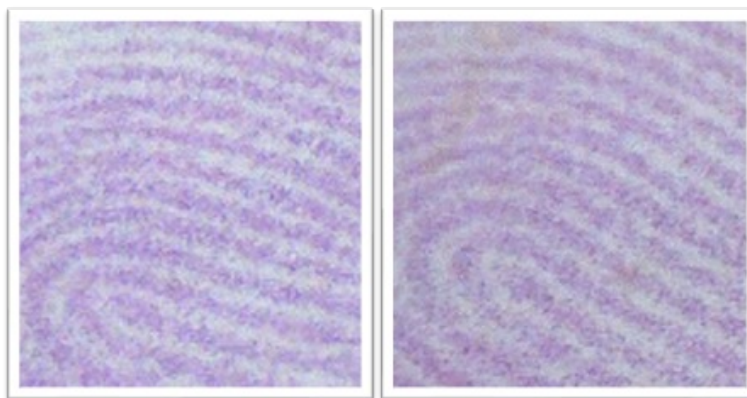


Figura 11 y 12. Imágenes de dos huellas latentes forjadas que se han revelado mediante el reactivo ninhidrina. A la izquierda vemos un sector de una huella forjada sobre un papel de bajo gramaje (70 gr/m²) impresa en calidad econofast. En la imagen derecha vemos el mismo sector de la huella, pero impreso en calidad óptima sobre un papel de gramaje medio (80 gr/m²). En ambas imágenes la magnificación permite notar la presencia de puntos característicos del sistema de impresión, sin embargo, debe reconocerse que en el papel de menor gramaje permite una difusión mayor de la solución de aminoácidos. Las microgotas al difundir en el papel pueden fusionarse y vuelven más difícil reconocer los puntos.

Conclusión

Si bien no se encuentra extendido el uso de las características de nivel 3 (poroscopía y crestología) como medio para la identificación humana mediante huella digitales, existe una tendencia hacia el análisis más allá de los niveles 1 y 2 (tipo fundamental y minucias). Dicha tendencia encuentra aún al día de

hoy una fuerte resistencia, por parte de quienes sólo encuentran razones que justifiquen su aplicación cuando las impresiones son demasiado parciales como para llevar adelante estudios de nivel 1 y 2. Así, rara vez una huella íntegra, y bien definida, sea objeto de análisis bajo grandes aumentos. Sumado a esta reticencia, existe una capacitación deficiente en dicho tipo de análisis por cuanto son poco aplicados y muchas veces las impresiones parciales son catalogadas como no idóneas por carecer de integridad.

No obstante lo antedicho, la profundidad alcanzada a partir de estudios de nivel 3, es decir, a partir del estudio de las formas de las crestas y de los poros, amplía la cantidad de impresiones latentes consideradas como peritables, a partir de extender el concepto de huellas idóneas, debido a que puede prescindir de huellas íntegras, empleando sólo porciones que tengan suficiente calidad de definición y detalle bajo grandes magnificaciones. Es por ello que, en este tipo de estudios más profundos, donde se requieren instrumentos ópticos de gran aumento, superiores a las lupas cuenta hilos empleadas habitualmente, disminuiría indirectamente el riesgo de que huellas forjadas sean aceptadas como naturales mediante percepción de la existencia de los puntos dejados por el mecanismo de impresión. Sin embargo, y volvemos a recalcar, el hecho de que muchos investigadores prescindan del análisis de nivel 3, o que no implementen en el estudio de las impresiones reveladas dispositivos ópticos con aumentos potentes, enfocándose principalmente en la identificación personal a partir del tipo fundamental y minucias, pone de manifiesto que estos tipos de forjados de impresiones latentes, no son considerados como una realidad plausible que amerite extender los estudios de idoneidad.

Cabe aclarar que en esta investigación sólo se evaluaron las impresiones dejadas por un único donante y por tanto sólo se observaron las características propias dejadas por los dígitos de ese sujeto. Queda claro por tanto, que es necesario extender el número de sujetos evaluados que pudieran estampar huellas latentes con características diferentes a las observadas durante este estudio, tales como: impresiones latentes dejadas de forma natural que exhiban sus poros luego de ser reveladas mediante ninhidrina, impresiones dejadas por dígitos con crestas altas o muy bajas, que se expresen en impresiones digitales con surcos de tamaño variado, o bien dígitos estampados por donantes con escaso o abundante secreción que dejen huellas latentes de pobre calidad, ya sea por contener poco material que reaccione con el reactivo revelador, o que por el contrario, generen huellas empastadas toda vez que deposite una impresión digital sobre un soporte poroso. Es por estas razones que las conclusiones respecto a las características que deben exhibir las impresiones latentes naturales que aquí se establecieron no deben hacerse extensivas a todos los casos. Sin embargo, y sin perjuicio de lo aquí presentado, el presente estudio, se hallaba enfocado a resaltar la necesidad de prestar atención a los detalles microscópicos de una huella latente revelada y por ello, la demostración de dicha necesidad expuesta a partir de emplear una muestra reducida de impresiones digitales, es más que suficiente toda vez que evidencia la necesidad de realizar análisis más profundos cada vez que nos enfrentamos a una impresión digital latente.

Para finalizar, y cómo se comentara durante la discusión de los resultados, la única característica que deberíamos considerar como indicativo de que nos encontramos frente a una huella forjada, es la presencia de puntos en la imagen de la huella, propios del sistema de impresión. No obstante, no consideramos que la investigación se encuentre finalizada, sino todo lo contrario, ya que la impresora empleada era anticuada y su resolución de impresión pobre. Es por ello que consideramos, de sumo interés, la práctica de este modo de forjado de impresiones digitales latentes, empleando diferentes marcas y modelos de impresoras con sistemas de dispensado de microgotas por mecanismos piezoeléctricos y térmicos, con los que se pueda regular de una mejor forma el tamaño de las microgotas, ya que con impresoras actuales se pueden obtener calidades de impresión superiores con tamaño de gota hasta 5 veces menores a los emitidos por la impresora empleada en nuestra investigación. En este sentido, debemos recordar que resoluciones mayores de impresión podrían disminuir de forma drástica y sin dificultad la característica que, de ser tenida en cuenta y bajo microscopía, podría darnos indicios que una huella se encuentra impuesta sobre un objeto poroso. Esta situación refuerza la necesidad y urgencia de tener en cuenta el empleo de instrumentos ópticos de aumento como herramienta para la detección de huellas forjadas, hasta tanto la calidad de la impresora empleada ya no deje evidencias aparentes y debamos buscar nuevos indicios de un posible forjado.

Bibliografía

1. Champod C, Margot P, Espinoza M. Vulnerabilities of fingerprint reader to fake fingerprints attacks. Institut de Police Scientifique, School of Criminal Sciences, Batochime, University of Lausanne, CH-1015 Dorigny, Lausanne, witzerland. *Forensic Science International* 204 (2011) 41–49.
2. Tsutomu Matsumoto, Hiroyuki Matsumoto, Koji Yamada, Satoshi Hoshino. Impact of Artificial “Gummy” Fingers on Fingerprint Systems. Graduate School of Environment and Information Sciences Yokohama National University 79-7 Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama 240-8501, Japan.
3. Wertheim, Pat A. Detection of Forged and Fabricated Fingerprints. *Journal of Forensic Identification*, 44, 1994.
4. Wertheim, Pat A. Integrity Assurance: Policies and Procedures to Prevent Fabrication of Latent Print Evidence. Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification, June 26-30, 1995, Ne'urim, Israel, Israel National Police.
5. Wertheim, Pat A. Latent Fingerprint Evidence: Fabrication, Not Error November/December.2008, Page16. National Association of Criminal Defense Lawyers (NACDL).
6. Bonebrake, George C. Fabricating Fingerprint Evidence. *Identification News*, 26, 1976.
7. Wertheim, Pat A. Fingerprint Forgery Case. Scientific Examination Report. March 14, 2008. Global Fine Art Registry, LLC.
8. Lee, H.C., Gaensslen R.E. *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd edition, CRC Press, New York, 2001.
9. Champod, C.; Lennard, C.; Margot, P.; Stoilovic, M. *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*. CRC Press: Boca Raton, FL, 2004.
10. Bayford, F. Sweat. *Fingerprint Whorld*, 1, 42-43, 1976.
11. Croxton Ruth S., Baron Mark G., Butler David, Kent Terry, Sears Vaughn G. Variation in amino acid and lipid composition of latent fingerprints. *Journal of Forensic Science International* 199 (2010) 93–102
12. Hadorn, B., Hanimann, F., Anders, P., Curtius, H-Ch, and Halverson, R., Free amino acids in human sweat from different parts of the body. *Nature*, 215, 416-417, 1967.
13. Hamilton, P. B., Amino-acids on hands. *Nature*, 205, 284-285, 1965. 29. (14) Oro, J. and Skewes, H. B., Free amino-acids on human fingers: the question of contamination in microanalysis. *Nature*, 207, 1042–1045, 1965.
14. Hewlett, D. F., Sears, V. G., Suzuki, S., Replacements for CFC113 in the ninhydrin process. 2. *J. Forensic Ident.*, 47, 300, 1997.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Fotografía infrarroja digital para la detección de manchas de sangre cubiertas por pintura

Victoria Andrea Barucca¹ ✉¹Laboratorio de Criminalística Aplicada (LACAP), Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos

✉ vickybarucca@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Barucca Victoria Andrea. 2023. Fotografía infrarroja digital para la detección de manchas de sangre cubiertas por pintura. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1): 39-60 pp.

Editor: Mirsha Quinto-Sánchez.

Recibido: 9 diciembre 2022.

Aceptado: 4 abril 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Las manchas de sangre son consideradas evidencia de gran peso forense, sumamente valoradas de ser encontradas en una escena del crimen. Sin embargo, es probable encontrarlas cubiertas por pintura si se hallan depositadas en paredes en una escena, por lo que su detección configura un desafío para todo investigador forense. A pesar de que en el último tiempo el empleo de la Fotografía Infrarroja (IR) ha tenido grandes avances en el análisis de indicios relacionados con sangre, su uso como herramienta de inspección del lugar del hecho ha sido poco desarrollado. Actualmente, la escasa cantidad de investigaciones referidas a este tema no consensúan un procedimiento para emplear la Fotografía IR en una escena del crimen intencionalmente modificada para visualizar manchas cubiertas, además de que dichas investigaciones no han sido comprobadas de ser efectivas sobre paredes de ladrillo, material utilizado por excelencia en la construcción de viviendas en Argentina. Este estudio ha intentado ordenar la información faltante mencionada anteriormente y demuestra que las manchas de sangre cubiertas por pintura tanto en paredes de cartón-yeso como en ladrillo, pueden visualizarse configurando una cámara capaz de captar el IR con aperturas de diafragma grandes a medianas, obturaciones lentas a medias lentas y sensibilidades ISO bajas a medias.

Palabras clave: fotografía infrarroja, manchas de sangre, pintura, fotografía forense, luces forenses, infrarrojo.

Abstract

Bloodstains are considered evidence of great forensic value, extremely appreciated when found at a crime scene. Nonetheless, it is probable to find them covered by paint when deposited on walls at a crime scene, but their detection becomes a challenge for any forensic investigator. Despite the fact that there have been some improvements in the employment of Infrared (IR) Photography for blood evidence examinations, its use as a crime investigation tool has not been highly developed. Recently, limited research referring to this subject has not agreed on any guidelines for the use of IR Photography to visualize painted-over bloodstains in an intentionally modified crime scene. Moreover, said investigations have not been proven effective over brick-walls, the primarily used material in house-construction in Argentina. The present study attempts to organize the aforementioned information gaps and shows that painted-over bloodstains located over drywall as well as brick-walls, could be detected and visualized by setting an IR camera with wide to large-medium apertures (f/stops), slow to mid-slow shutter speeds and low to medium ISO sensitivities.

Keywords: infrared photography, bloodstains, paint, forensic photography, forensic lights, infrared.

Introducción

Investigar escenas del crimen (para los mismos fines conceptuales, lugares del hecho o lugares de intervención) intencionalmente modificadas constituye uno de los desafíos más grandes a los que se enfrentan los criminalistas, en especial cuando se halla involucrada la sangre. Una técnica empleada para lograr tal disimulo es el re-pintado de paredes con manchas de sangre, inusual en lo cotidiano mas no improbable, por lo que contar con una herramienta para desenmascarar tal conducta se considera necesario.

La presencia de este indicio biológico de gran peso forense supone una evidencia significativa en la investigación tanto como instrumento para esclarecer los hechos, como fuente de material genético (1,2), por lo que su detección de la manera menos contaminante posible es indispensable. El uso de ciertos reactivos para tal fin puede tener efectos cancerígenos en el investigador, dañar el ADN o diluir el volumen disponible de la muestra, imposibilitando futuros análisis (3-5). Las Fuentes de Luz Alternativas (FLA) se constituyen como uno de los recursos más simples y no invasivos para detectar fluidos biológicos en el lugar del hecho (1,4,6). Empleadas en combinación con la Fotografía Forense, se presentan como la fuente primaria de detección y preservación de la evidencia de naturaleza no destructiva, permitiendo extender el campo visual del investigador, fijando y exhibiendo aquellos indicios que pudieron pasar inadvertidos en la inspección de una escena. En este sentido, el uso de luz UV no es aconsejable debido a que ciertas longitudes de onda pueden degradar el ADN (3,7); sin embargo, el empleo de fuentes de radiación infrarroja (IR) en conjunto con la Fotografía, se consagran como ideales para visualizar manchas de sangre en variedad de situaciones, ya que las mismas no se ven afectadas de modo alguno.

Las radiaciones IR poseen la capacidad de penetrar materiales para revelar aquello que el ojo humano no puede ver. Incluso, permiten la diferenciación entre distintos componentes que parecen ópticamente similares bajo luz visible (VIS), ya que al comportarse como tal, las mismas pueden ser absorbidas, reflejadas o transmitidas por el objeto sobre el que inciden (2). Debido a la sensibilidad limitada de los sensores de las cámaras digitales, la fotografía forense puede valerse del uso de este espectro solo en su región más cercana (700nm a 1100nm) (7), y bajo esta, tales comportamientos mencionados se visualizan de manera particular en cada caso: si la sustancia absorbe la luz IR, tiende a observarse oscura; si la transmite, desaparece revelando lo que se encuentre por debajo; y si la refleja, se muestra de un tono más claro al que presenta (3). De manera que una toma idónea se obtendrá cuando el objeto a investigar absorba o refleje la luz IR, el fondo reaccione de forma contraria y, en caso de estar cubierto, tal sustancia logre transmitir las radiaciones.

Numerosos estudios se han realizado admitiendo el éxito de la Fotografía Infrarroja por Reflexión como instrumento novedoso en el campo forense,

permitiendo analizar tintas en documentos alterados (8,9), tatuajes borrados con láser en piel (10) y residuos de disparo en telas oscuras (11). Incluso ha encontrado aplicación tanto en investigaciones de sangre encubierta en diferentes sustratos (12,13) como de pintura en el ámbito del arte (14), debido a que particularmente, la primera posee la capacidad de absorber las radiaciones IR (8), mientras que la segunda, dependiendo del vehículo y el pigmento que la componen, puede ser capaz de reflejar o transmitir dicha radiación (15). Sin embargo, la combinación dada de ambos para la modificación de escenas del crimen ha sido poco estudiada, con resultados diversos en cuanto investigados en sustratos de tipo cartón-yeso (1,2,6,15,16), mas no para paredes de ladrillos, material sumamente utilizado en la construcción de viviendas argentinas. A causa de esto, este trabajo decidió centrarse en validar las metodologías empleadas por estudios previos a esta investigación para detectar manchas de sangre cubiertas por pinturas en paredes de cartón-yeso, estableciendo una técnica lo suficientemente efectiva para utilizar en muros de ladrillos con el mismo fin.

Material y Método

Luces y fotografía

Para el examen fotográfico en el espectro visible se utilizó un celular Samsung J6+ configurado en automático; mientras que en el espectro infrarrojo se empleó un dispositivo de tres luces LED IR de 850nm de longitud de onda de 3W cada uno; y una cámara digital Canon PowerShot SX50HS, modificada como full spectrum y con filtros IR externos Neewer 720nm y 760nm por delante de la lente, para captar las radiaciones IR.

Las configuraciones de cámara a probar fueron aquellas a las que se tuvo acceso y que pudieron ser recabadas de las metodologías expresadas tanto en los antecedentes directos (estudios de fotografía IR, sangre y pintura), como indirectos (temáticas de fotografía IR y sangre) a este proyecto; como consecuencia de la escasa bibliografía disponible, y como un recurso de comparación entre las sistemáticas utilizadas.

Preparación de las muestras

La sangre empleada fue de tipo animal (cerdo) pura y anticoagulada, que se depositó en cantidades de 1ml por sustrato, a partir de un salpicado realizado con los dedos de la mano, creando un patrón de chapoteo lo más genuino posible.

Como soporte para el depósito de las manchas se utilizó una placa de cartón-yeso tipo Durlock®, seccionada en 30 piezas de 13x27 cm; y 30 ladrillos individuales comunes con medidas de 5x13x27 cm. Dichos materiales se prepararon para simular lo más fielmente un muro, y se trataron con enduido

(Realis enduido interior blanco), y arena, cemento y agua, respectivamente; fijador al agua (Sintoplast primer sellador fijador superficies difíciles); y pinturas de tipo Látex acrílico mate (Sintoplast acríplast interior exterior); Esmalte al agua satinado (Sintoplast recuplast hidroesmalte – esmalte brillante); y Esmalte sintético satinado (Realis esmalte sintético brillante), todas en color blanco y rojo.

El desarrollo de la experimentación se realizó en 3 etapas: fase preliminar, Fase 1 – Aprendizaje y Fase 2 – Aplicación.

Fase preliminar

Esta fase se realizó para probar la capacidad de penetración de las radiaciones IR; y testear, reducir y definir las configuraciones de cámara más adecuadas, previamente utilizadas por los antecedentes a este trabajo, debido a que los mismos empleaban rangos de prueba muy extensos que dificultan la experimentación. Adicionalmente se probó el emplazamiento de las luces IR, todo en un ambiente cerrado, en total oscuridad y colocando las muestras de forma vertical simulando la posición normal de un muro.

Fase 1 - aprendizaje

Las 30 placas de Durlock® preparadas se separaron en conjuntos de cinco para aplicarles dos capas de pintura según el tipo y color que correspondía, para luego depositar las manchas de sangre sobre ellas y, una vez secas, ser fotografiadas en el espectro VIS e IR. Posteriormente se aplicó una capa de la pintura asignada por encima de las manchas y se fotografió en ambos espectros, repitiendo este procedimiento tantas veces como capas fueron necesarias para lograr cubrir las máculas y hacerlas invisibles bajo la incidencia de luz blanca para los dos colores en los tres tipos de pintura.

Las fotos IR se tomaron en total oscuridad con el dispositivo de luces, los filtros IR y la cámara configurada con los settings empleados por los antecedentes directos, y aquellos de los indirectos que permitieron una mayor cantidad de visualizaciones satisfactorias y definidas durante la etapa preliminar (Tabla 1). Tal selección se realizó también entre las ubicaciones de las luces IR, decidiendo trabajar empleando las mismas con una posición a 45° por encima de las placas; a 20 y a 40cm al costado de las placas, apuntando hacia el techo; y por detrás del fotógrafo (Figura 1). De esta forma, fue posible evaluar y comparar el desempeño de los antecedentes de una forma acotada, minuciosa y mediante configuraciones comprobadas como funcionales.

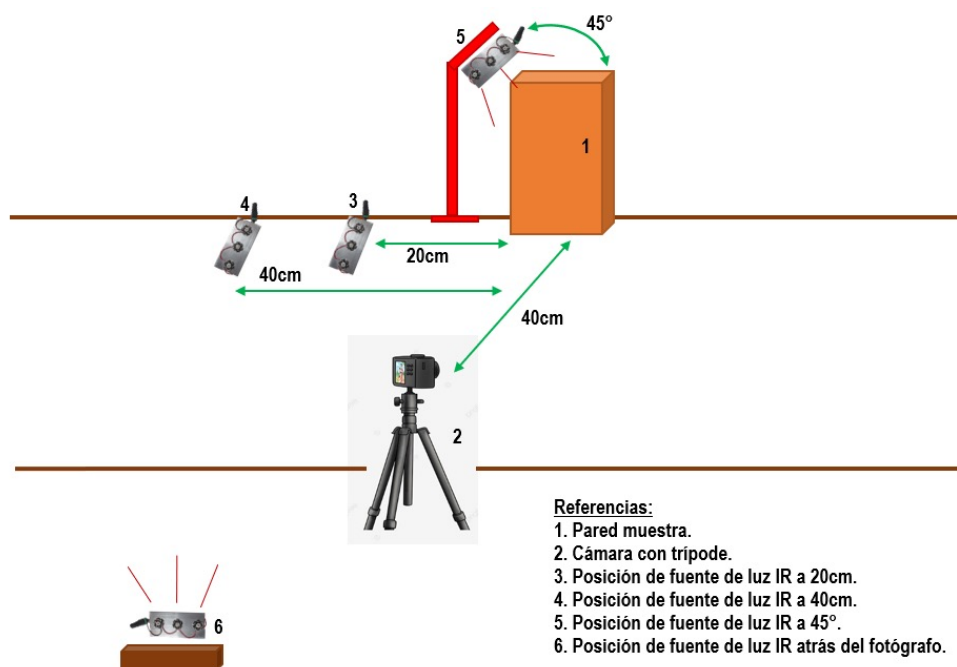
Fase 2 - aplicación

Para esta fase se emplearon los 30 ladrillos revocados de forma semejante a un muro y se procedió tanto para el armado de las muestras como para la sucesión de fotografías, de la misma manera que en la fase anterior.

Tabla 1. Configuraciones de cámara empleadas en Fase 1, modificadas según la cámara en posesión y los materiales disponibles.

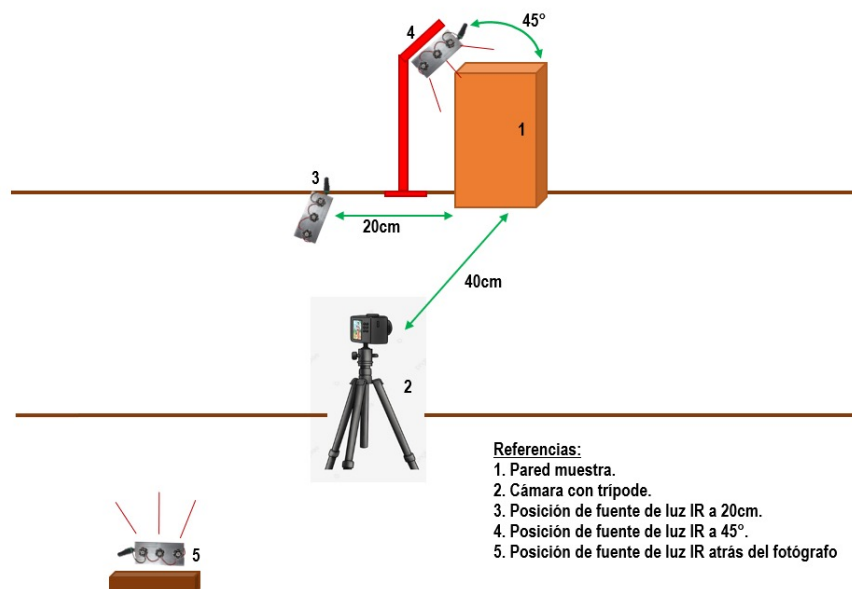
Autor	Configuración de cámara				
	Filtro	Enfoque	Apertura f/	ISO	Vel. Obturación
Farrar et al. (2)	Neewer 760	Manual	f/3.4	100	1/250
Timmons (1)	Neewer 720	Manual	f/5	80 - 2000	1/4
Timmons (1)	Neewer 720	Manual	f/5	80	2s
Barrera et al. (16)	Neewer 760	Manual	f/5.6	1000	1/8
Lin et al. (8)	Sin filtro	Manual	f/3.4	100	1/6
Lin et al. (8)	Neewer 720	Manual	f/3.4	125	1/6
Lin et al. (8)	Neewer 720	Manual	f/3.4	200	1/6
Lin et al. (8)	Sin filtro	Manual	f/3.4	80	6s
Narcotti (7)	Sin filtro	Manual	f/3.4	80	1/40

Figura 1. Diagrama experimental empleado durante la Fase 1 - Aprendizaje.



Las fotografías IR fueron tomadas utilizando las configuraciones de cámara y posicionamiento de las luces IR seleccionadas a partir de los resultados obtenidos en la Fase 1, es decir, aquellas que evidenciaron un mejor desempeño para visualizar en el espectro IR las manchas de sangre cubiertas en paredes de cartón-yeso. (Figura 2).

Figura 2. Diagrama experimental empleado durante la Fase 2 – Aplicación.



De esta manera, se redujeron y unificaron las condiciones de prueba, estableciendo como configuraciones y posible metodología ideal para la detección IR de manchas de sangre cubiertas en paredes de ladrillos, lo ilustrado en Tabla 2. Cabe mencionar que en esta instancia el uso de filtros fue suprimido debido a que su utilización no generó diferencias significativas en las fotografías previamente obtenidas, como consecuencia del empleo de luces puramente IR y total oscuridad.

Tabla 2. Configuraciones de cámara empleadas en Fase 2.

Configuración de cámara					
Posición de la luz	Filtro	Apertura f/	ISO	Vel. Obturación	
A 20cm del ladrillo, apuntando hacia arriba.	Sin filtro.	f/3.4 y f/5	1/2, 1/3, 1/4, 1/6 y 1/8.	80, 100, 125, 160, 200 y 250.	
Ubicada en un trípode a 45° apuntando hacia abajo.	Sin filtro.	f/3.4	1/40, 1/60, 1/80, 1/100 y 1/125.	80, 100, 160, 200 y 250.	
Ambiente (luz detrás del fotógrafo, apuntando hacia arriba)	Sin filtro.	f/5	1/4 y 2s.	80, 200, 250, 300, 400 y 500	

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos demostraron la necesidad de al menos tres capas de pinturas para cubrir las manchas de sangre por completo de la vista del ojo humano. En general y para ambos sustratos, las paredes con color blanco requirieron de una mayor cantidad de aplicaciones de pintura para encubrir las máculas en el espectro VIS; mientras que en el IR, al alcanzar aproximadamente

la tercera capa, la posibilidad de detección de tales manchas disminuyó considerablemente (Tabla 3).

Tabla 3. Mínimo de capas de pintura para cubrir las manchas de sangre en el VIS según sustrato, tipo y color de pintura. Referencias: 1Esmalte al agua; 2Esmalte sintético; 3Blanco; 4Rojo.

Capas de pintura para cubrir las manchas											
Cartón - Yeso						Ladrillo					
Látex		EA ¹		ES ²		Látex		EA		ES	
B ³	R ⁴	B	R	B	R	B	R	B	R	B	R
7	5	7	6	5	5	6	4	3	3	6	5

En concreto, para ambos soportes, las pinturas Látex Acrílicas (LAB y LAR) admitieron la detección de las manchas de sangre, por medio de la acción del IR, solo durante las primeras capas ya que, al aplicar las siguientes, la pintura modificó su comportamiento reflejando las radiaciones IR (Figuras 3 y 4).

De manera que las reducidas detecciones que se lograron efectuar, se realizaron particularmente a partir del relieve las manchas y el contraste dado por la posición cercana e incidencia rasante directa de las luces; e incluso, en el caso de los ladrillos, por interrumpir el tramado del revoque, viéndose dichas manchas como dibujos lisos en contraste con la textura granulada de la superficie (Figuras 5 y 6).



Figura 3. Comprobación de efectividad IR. Aumento del comportamiento de reflexión (bloqueador) de las pinturas LAB a lo largo de las capas aplicadas en cartón-yeso. Izq: Muestra LAB4. Medio: Capa 2 LAB4 fotografiada con luz IR a 20cm y configuración f/3.4; vel. 1/6 e ISO 100. Dcha: Capa 7 LAB4 fotografiada con luz IR a 20cm y configuración f/3.4; vel 1/6 e ISO 100.

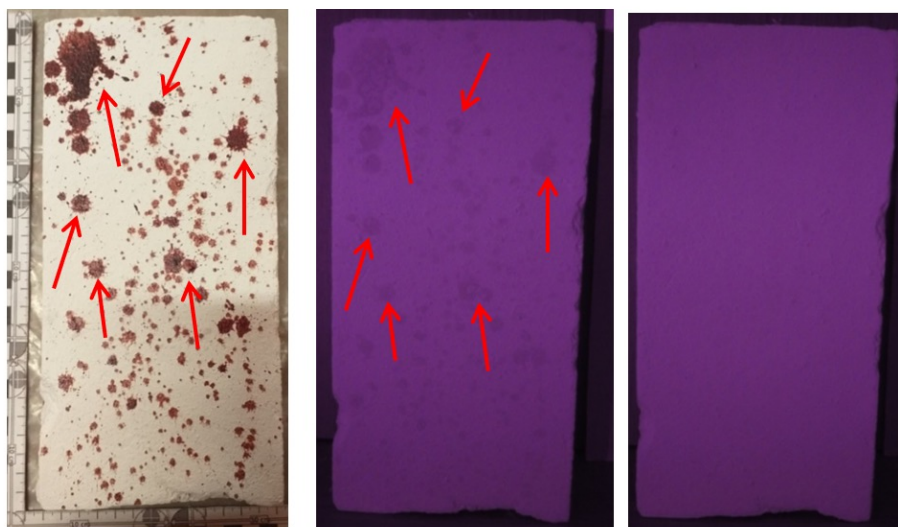


Figura 4. Comprobación de efectividad IR. Aumento del comportamiento de reflexión (bloqueador) de las pinturas LAB a lo largo de las capas aplicadas en ladrillo. Izq: Muestra LAB2. Medio: Capa 2 LAB2 fotografiada con luz atrás y configuración f/5; vel. 1/4 e ISO 400. Dcha: Capa 6 LAB2 fotografiada con luz atrás y configuración f/5; vel 1/4 e ISO 400.

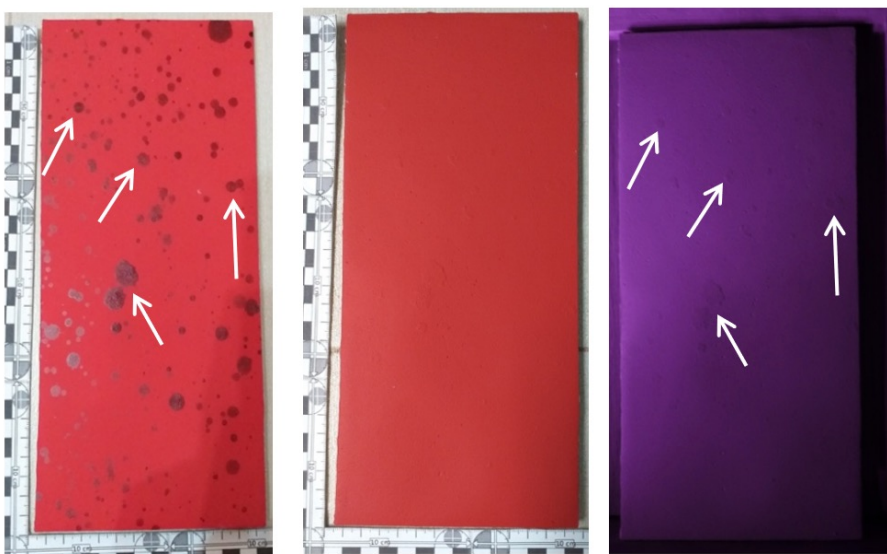


Figura 5. Detección en cartón-yeso de manchas por relieve e incidencia, posición y angulación de las luces IR utilizadas. Izq: Muestra LAR1. Medio: Capa 5 LAR1 totalmente cubierta. Derecha: Capa 5 LAR1 incidida con luz IR a 20cm y configuración de cámara f/3.4; vel 1/6 e ISO 100.



Figura 6. Detección en ladrillo de manchas por relieve e incidencia, posición y angulación de las luces IR utilizadas. Izq: Muestra LAR5. Medio: Capa 4 LAR1 totalmente cubierta. Derecha: Capa 4 LAR1 incidida con luz IR a 20cm y configuración de cámara f/3.4; vel 1/3 e ISO 200.

De esta forma, el IR demostró una efectividad relativa para la detección en este tipo de pintura siendo que al alcanzar las capas definitivas para cubrir las manchas en el espectro VIS, las radiaciones incidentes fueron totalmente reflejadas, imposibilitando la localización de las manchas encubiertas.

Similarmente se comportaron el Esmalte al Agua blanco (EAB) sobre Durlock® y ambos colores del Esmalte al Agua (EAB y EAR) sobre ladrillos, siendo que en este último, estas pinturas fueron las que más entorpecieron el accionar de las radiaciones IR. De esta manera, se generaron visualizaciones extremadamente pobres a partir de manchas con mucha densidad y contenido de hemoglobina, las cuales fueron imposibles de detectar luego de aplicada la última capa de pintura (Figura 7 y 8).

Por el contrario, el Esmalte al Agua rojo sobre Durlock® y ambos colores de los Esmaltes Sintéticos (ESB y ESR) permitieron localizar una buena cantidad de manchas grandes y medianas bien definidas en todas las capas aplicadas, en especial con el color rojo, en donde las manchas fueron apreciables incluso cuando en el espectro VIS ya se encontraban totalmente cubiertas (Figuras 9 y 10). Particularmente el Esmalte Sintético blanco sobre el cartón-yeso presentó cierta capacidad de reflexión frente al IR, no obstante el fenómeno de transmisión se efectuó y un número reducido de manchas fue detectado. De esta manera, en cuanto a la efectividad de las radiaciones IR, ambos colores de los Esmaltes Sintéticos fueron los que mejor desempeño tuvieron, exhibiendo manchas más definidas y en mayor cantidad que en el espectro VIS, en comparación con los demás tipos de pintura.



Figura 7. Detección en cartón-yeso de manchas por relieve e incidencia, posición y angulación de las luces IR utilizadas. Izq: Muestra EAB2. Medio: Capa 7 EAB2 totalmente cubierta. Derecha: Capa 7 EAB2 incidida con luz IR a 20cm y configuración de cámara f/3.4; vel 1/6 e ISO 100.



Figura 8. Detección en ladrillo de manchas por relieve e incidencia, posición y angulación de las luces IR utilizadas. Izq: Muestra EAR1. Medio: Capa 3 EAR1 totalmente cubierta. Derecha: Capa 3 EAR1 incidida con luz IR a 20cm y configuración de cámara f/5; vel 1/3 e ISO 200.



Figura 9. Detección en cartón-yeso de manchas por transmisión y absorción del IR. Izq: Muestra EAR3. Medio: Capa 6 EAR3 totalmente cubierta. Derecha: Capa 6 EAR3 incidida con luz IR a 45° y configuración de cámara f/3.4; vel 1/40 e ISO 80.

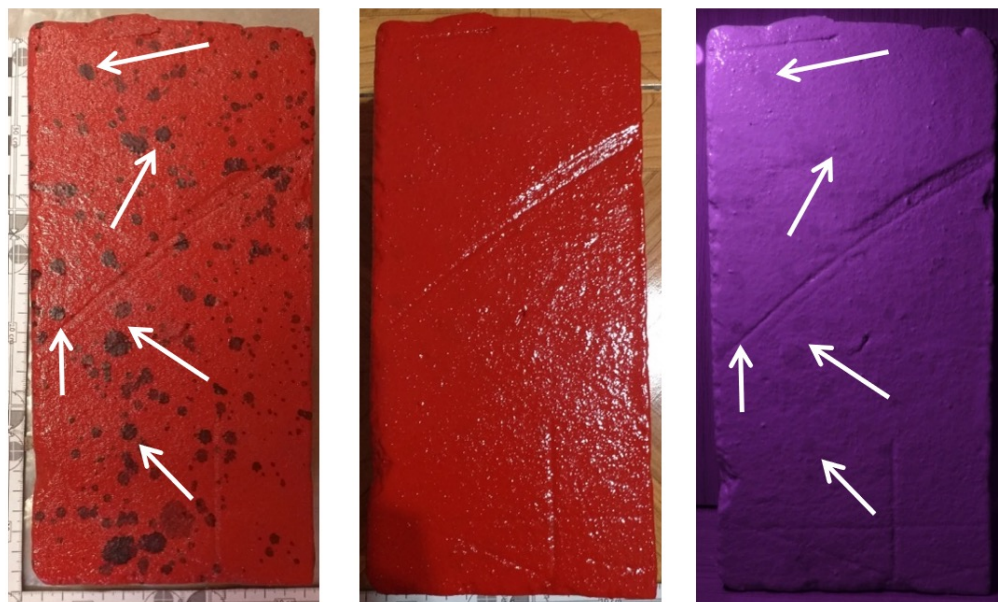


Figura 10. Detección en ladrillo de manchas por transmisión y absorción del IR. Izq: Muestra ESR3. Medio: Capa 5 ESR3 totalmente cubierta. Derecha: Capa 5 ESR3 incidida con luz IR a 45° y configuración de cámara f/3.4; vel 1/40 e ISO 100.

Lo anterior se logró confirmar cuando todas las muestras se observaron utilizando la fuente de luz IR posicionada por detrás del fotógrafo, incidiendo indirectamente. Al disponer la luz de esta forma, las placas perdieron a la vista los detalles particulares de las superficies y la aplicación de las pinturas y se apreciaron lisas; de manera que, en los casos donde el IR fue reflejado y la detección de las manchas se realizó por su relieve, las mismas no pudieron apreciarse (Figura 11).

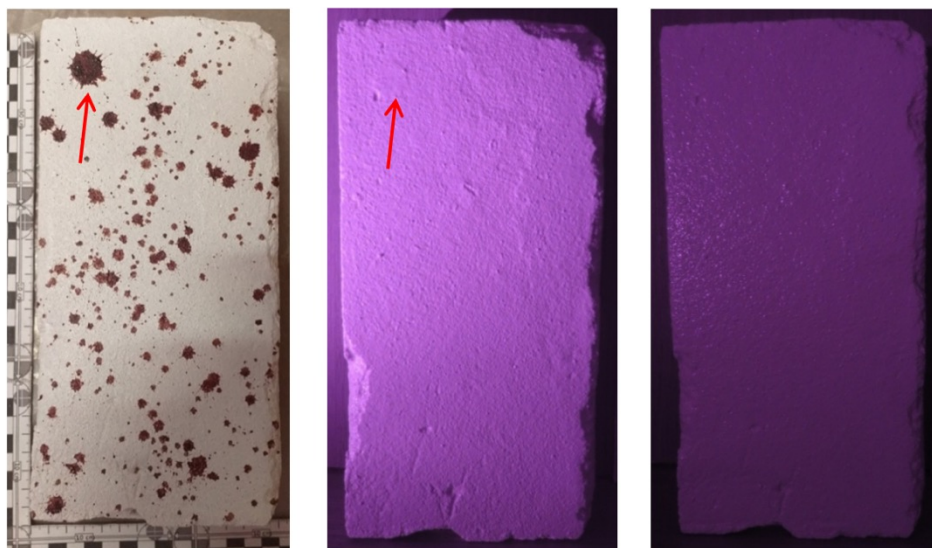


Figura 11. Comprobación del comportamiento de reflexión de pinturas frente al IR en ladrillo. Izq: EAB4. Medio: Capa 2 EAB4 incidida con luz a 20cm y configuración de cámara f/3.4; vel. 1/6 e ISO 200. Dcha: Capa 3 EAB4 incidida con luz atrás y configuración de cámara f/5; vel 1/4 e ISO 400.

En cambio, en aquellas en las que el IR efectivamente pudo ser transmitido, las manchas de sangre se percibieron como máculas oscuras visibles y con bastante definición (Figura 12).

Un resultado llamativo de las muestras de ladrillo fue la influencia de la posición de las luces IR en la visualización de la superficie condicionando la detección de las manchas, más allá del comportamiento óptico de las pinturas que las cubrían. De esta manera, al ubicar la fuente IR a 20cm al costado de la muestra, todos los detalles del revoque de las paredes, incluso aquellos no perceptibles en VIS, fueron acentuados, interfiriendo con la detección de las manchas cubiertas por ambos colores de pinturas Látex y Esmaltes Acuados, y Esmaltes Sintéticos de color blanco. Al ubicar la luz a 45°, los detalles y relieves de las superficies se visualizaron de forma tenue, sin entorpecer la detección de las manchas. Finalmente, como se mencionó con anterioridad, al posicionar la luz IR por detrás del fotógrafo, todas las superficies se apreciaron casi lisas, permitiendo una mayor cantidad de detecciones definidas y sin interferencias (Figura 13).

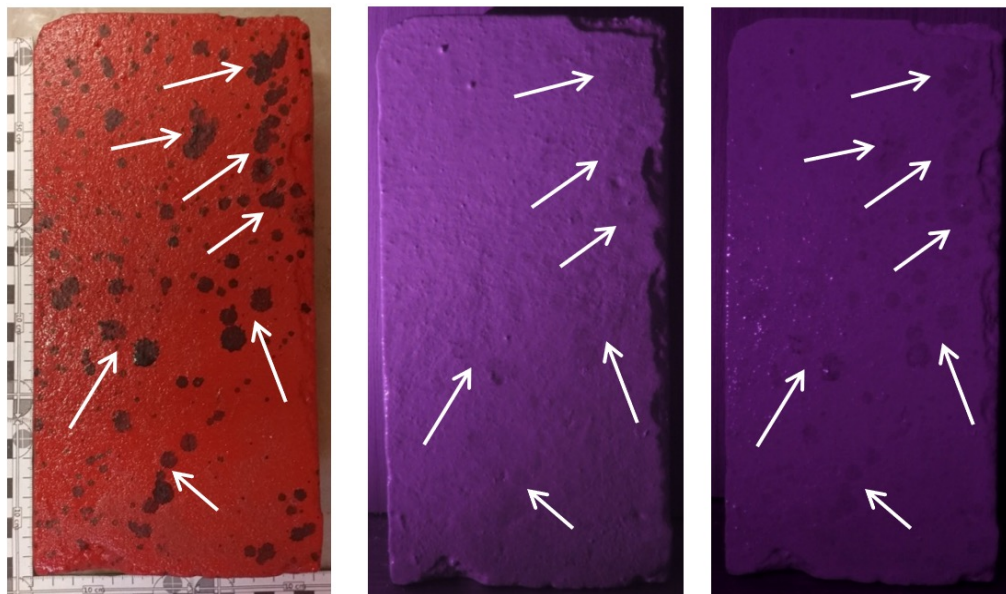


Figura 12. Comprobación del comportamiento de transmisión de las pinturas frente al IR en ladrillo. Izq: Muestra ESR1. Medio: Capa 5 ESR1 incidida con luz a 20cm y configuración de cámara f/5; vel. 1/3 e ISO 160. Derecha: Capa 5 ESR1 incidida con luz atrás y configuración de cámara f/5; vel 2seg e ISO 80.

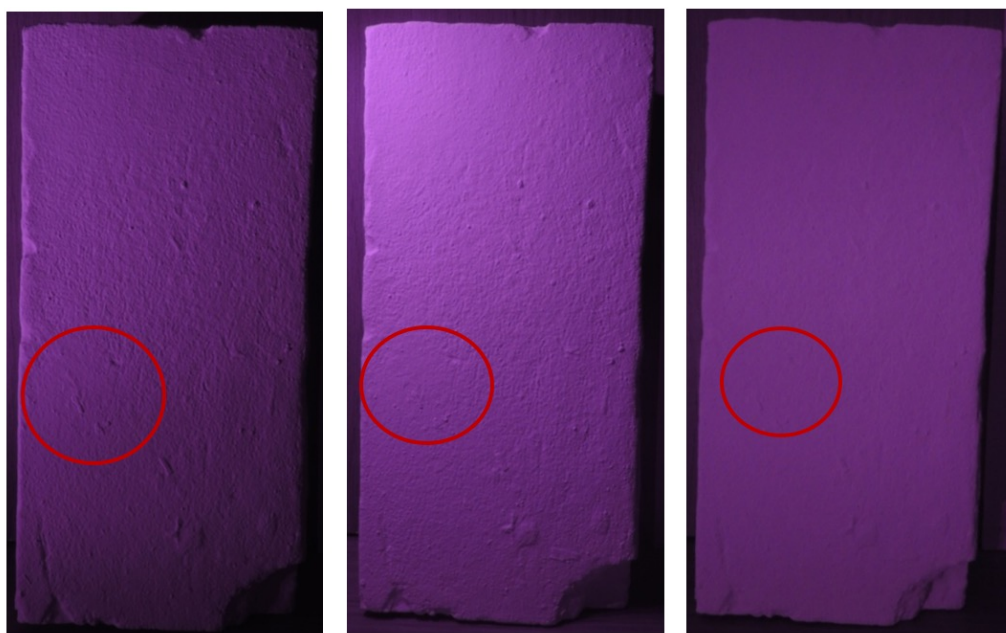


Figura 13. Comparativa de efectos de incidencia IR sobre la superficie de las paredes de ladrillos tratadas con Látex Acrílico. Izq: Muestra LAB4 incidida por luz IR a 20cm, acentuando detalles del revoque (configuración de cámara f/5; vel. 1/4 e ISO 80). Medio: LAB4 incidida por luz IR a 45°, iluminando sin resaltar particularidades (configuración de cámara f/3.4, vel. 1/40 e ISO 80). Dcha: LAB4 incidida por luz IR atrás, alisando las superficies (configuración f/5; vel. 1/4 e ISO 400).

En este sentido, respecto a la ubicación de la fuente de luz IR, en general se lograron las visualizaciones más nítidas al posicionar la luz por detrás del fotógrafo. No obstante, al no lograr transmitir el IR, dos de los tres tipos de pintura de esta manera no permitieron detecciones. Por lo tanto, al posicionar las luces a 20 cm de las muestras, incidiendo oblicuamente, y empleando la cámara con una apertura de diafragma $f/3.4$, fue posible divisar manchas de sangre no solo por el efecto per se del IR, sino también por el relieve y/o contraste producido con el fondo para aquellas en donde la pintura reflejó las radiaciones.

En tanto a la selección de la metodología ideal para emplear, si lo que se busca es solo la detección de las manchas de sangre, es posible afirmar que la mayoría de los settings empleados sobre las muestras de Durlock® generaron resultados útiles. Sin embargo, se optó por reducir las condiciones de prueba y seleccionar aquellas que exhibieron la mayor cantidad de manchas nítidas y definidas. Así entonces se pudo establecer que las más efectivas fueron ciertos rangos de configuraciones empleadas por los trabajos de Timmons (1), Narcotti (7) y Lin et al. (8) (Tabla 4); tomando el primero, a su vez, como forma de comprobación de la capacidad de transmisión del IR de las pinturas. (Figuras 14 y 15).

Tabla 4. Configuraciones destacadas para fotografiar placas de cartón-yeso tratadas con los tres tipos de pintura y en ambos colores, en orden de mayor a menor desempeño.

Configuraciones ideales para fotografiar paredes de cartón-yeso					
Autor	Luz	Filtro	Apertura $f/$	Shutter	ISO
Lin et al. (8)	A 20cm	Sin filtro	$f/3.4$	1/6	100
Narcotti (7)	A 45°	Sin filtro	$f/3.4$	1/40	80
Timmons (1)	A 20cm	Neewer 760	$f/5$	1/4	80 a 200
Timmons (1)	Atrás	Neewer 760	$f/5$	1/4	200 a 500
Timmons (1)	Atrás	Neewer 720	$f/5$	2s	80

Con base a esto se unificaron las condiciones de prueba para poder desarrollar la fase 2, configurando la cámara con una serie de rangos según la posición de la luz empleada con aperturas de diafragma grandes a medianas; velocidades de obturación lentas a medias rápidas, y sensibilidades ISO bajas a medias altas (Tabla 2).

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en la última fase, fue posible establecer como configuraciones eficaces y comunes a todos los colores y tipos de pinturas, el empleo de aperturas de diafragma grandes a medianas y, según la posición de la luz, el uso de velocidades de obturación medias lentas e ISOS medios bajos para la luz IR 20cm; shutters medios rápidos e ISOS medios bajos para luz a 45°; y obturaciones lentas e ISOS medios altos para luz IR de modo ambiental (Tabla 5) (Figuras 16 y 17).

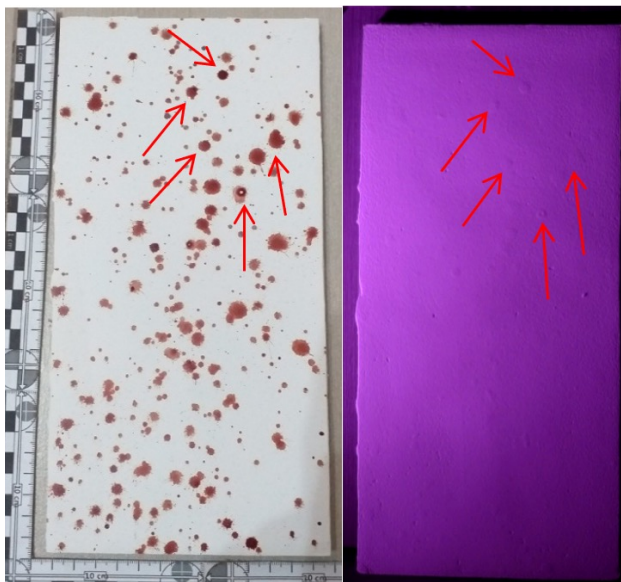


Figura 14. Configuración destacada para fotografiar paredes de cartón-yeso (reflexión). Izq: Muestra LAB2. Derecha: Muestra LAB2 totalmente cubierta, incidida con luz IR a 20cm y cámara IR con f/3.4; vel 1/6 e ISO 100.



Figura 15. Configuración destacada para fotografiar paredes de cartón-yeso (transmisión). Izq: Muestra EAR2. Derecha: Muestra EAR2 totalmente cubierta, incidida con luz IR a 45° y cámara IR con f/3.4; vel 1/40 e ISO 80.

Tabla 5. Configuraciones útiles para visualizar manchas en paredes de ladrillos pintadas con pintura blanca o roja en general.

Configuraciones ideales para fotografiar paredes de ladrillos			
Luz	Apertura f/	Shutter	ISO
A 20cm	f/3.4 y f/5	1/4	125
		1/4	160
		1/6	250
		1/3	100
		1/6	200
A 45°	f/3.4	1/4	200
		1/60	160
		1/80	160
Atrás	f/5	2 seg	80
		1/4	400
		1/4	500

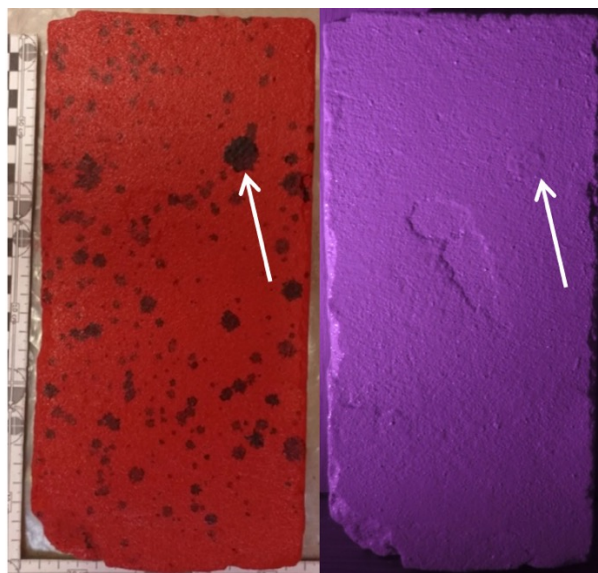


Figura 16. Configuración para fotografiar paredes de ladrillo (reflexión). Izq: EAR3. Dcha: EAR3 totalmente cubierta, incidida con luz IR a 20cm y cámara IR con f/3.4; vel. 1/4 e ISO 125.

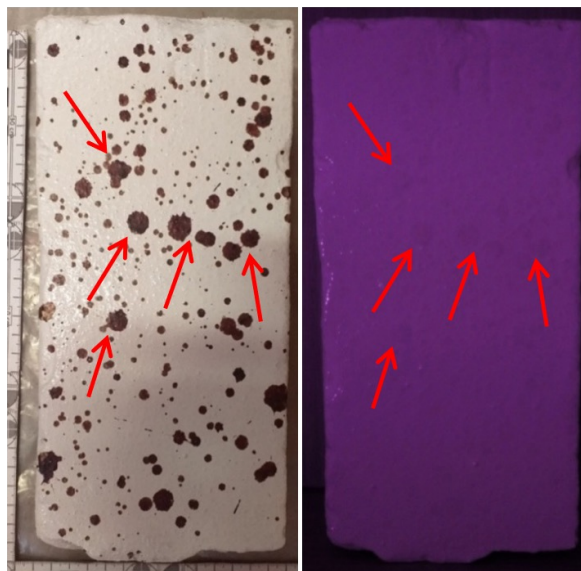


Figura 17. Configuración para fotografiar ladrillos (transmisión). Izq: ESB4. Dcha: ESB4 totalmente cubierta, incidida con luz IR atrás y empleo de cámara IR con f/5; vel. 1/4 e ISO 400.

Discusión

Para ambas clases de paredes se necesitaron al menos 3 capas de pintura para cubrir totalmente las manchas de sangre. Específicamente, en promedio se requirieron de 3 a 4 capas de pinturas blancas, y de 2 a 6 de pinturas de colores, concordando con lo expuesto por la mayoría de los antecedentes a esta investigación, quienes emplearon paredes de cartón-yeso como sustrato base, y precisaron de más de las 2 capas usualmente empleadas para pintar una pared (1,2,6,15). Excepcionalmente se hallaron resultados singulares donde las manchas cubiertas por rojos acrílicos continuaron perceptibles bajo luz visible post 6 capas de pintura (2). Particularmente para este estudio, la mayor cantidad de capas se emplearon sobre las muestras tratadas con látex acrílico blanco, las cuales se caracterizan por presentar propiedades de aplicación más pobres que aquellas de solventes oleosos, generando que la cobertura deseada se alcance con más dificultad (17).

Tanto las pinturas látex acrílicas como los hidroesmaltes blancos, fueron las más complejas de penetrar por las radiaciones IR, obteniéndose siempre una mayor cantidad de visualizaciones en el espectro VIS. Para ambos sustratos, estas pinturas permitieron la transmisión del IR y las visualizaciones de las manchas, solo durante las primeras capas aplicadas, a pesar de que en esta instancia todavía eran totalmente detectables en el espectro VIS; y concordando con las investigaciones previas que emplearon pinturas de base acuosa (1,2,6,15,16). El

esmalte sintético blanco, en cambio, logró transmitir la radiación IR en ambos sustratos aunque con poca definición, presentando más dificultad para hacerlo en las paredes de cartón-yeso.

En el caso del color rojo, las pinturas látex acrílicas tampoco fueron penetrables por el IR; mientras que los esmaltes al agua reflejaron intensamente dicha radiación sobre las paredes de ladrillos pero lograron transmitirla con dificultad sobre el cartón-yeso. Estudios donde se evaluaron pinturas de colores de este tipo, hallaron resultados similares, recalcando que este color en particular permitió mejorar el contraste dado entre las manchas y el fondo, mejorando la visualización (2,16). Por último, sobre ambos sustratos evaluados, los esmaltes sintéticos rojos fueron la clase de pintura más capaz de transmitir el IR, permitiendo apreciar un buen número de máculas nítidas y definidas.

En relación a la forma de obtención de las visualizaciones mencionadas, las apreciaciones más destacadas conseguidas por la reacción esperada de los materiales con el IR, se obtuvieron posicionando la fuente de luz por detrás del fotógrafo incidiendo indirectamente y permitiendo visualizar las manchas como máculas oscuras regularmente definidas. Sin embargo, en los casos donde las pinturas reflejaron el IR, las detecciones fueron similarmente posibles a partir del contraste generado entre las sombras dadas por el relieve de las manchas más densas y la incidencia directamente oblicua de la luz IR, posicionándola en cercanía de los sustratos y apuntando hacia el techo. De este modo, fue posible mejorar la información visual contenida sobre las placas y localizar las manchas eficazmente a pesar de no poder hacerlo por acción concreta del IR (6,15).

Por lo tanto es factible señalar que la detección por fotografía IR de manchas cubiertas por pinturas puede ser exitosa de ambas maneras. Esta afirmación es sostenida parcialmente por quienes consideran esta técnica como inútil para tal fin, pero apropiada de ser empleada como método primario de localización no invasivo, sujeto a un segundo de confirmación (1, 2). No obstante y en línea con lo primero, otros manifiestan que la misma genera resultados superiores a los obtenidos mediante otras herramientas, permitiendo las detecciones cuando el IR es transmitido por ciertas pinturas de colores de base acosa, mas no para las mismas de color blanco, específicamente, acrílicas (2,16).

En este sentido, es entonces factible atribuir la posibilidad de detección de las manchas a la pintura empleada para cubrirlas y su conducta frente a la incidencia de una fuente de luz IR (2,15,16,18). Frente a esto, se decidió contrastar el vehículo, el solvente y los pigmentos constitutivos tanto de las pinturas empleadas en este estudio como de aquellas detalladas por los antecedentes, hallándose ciertas particularidades las cuales, se cree, fueron los condicionantes del actuar de la Fotografía IR por Reflexión para revelar las manchas de sangre en ambos sustratos:

- Las pinturas látex acrílicas (base acuosa) pueden absorber o reflejar el IR pero son incapaces de transmitirlo (6,15).
- Los esmaltes al agua o acrílicos, es decir, aquellos de solvente acuoso con vehículo de resinas de copolímero acrílico pueden ser capaces de absorber, reflejar o transmitir la radiación infrarroja, según el color de la pintura. De manera que:
- Las pinturas blancas acrílicas reflejan el IR (1,2,15,16). Estas acostumbran utilizar dióxido de titanio como pigmento principal, el cual se caracteriza por reflejar la luz y mejorar la resistencia de las pinturas al aplicarlo en capas (17), confirmando el hecho de que, con este tipo de pintura, la transmisión se produzca sólo durante las primeras.
- Las pinturas acrílicas de colores son capaces de transmitir y reflejar el IR, demostrando el rol que cumple el pigmento en cuanto al comportamiento de las mismas frente a la incidencia de la luz. Adicionalmente se destaca la influencia del sustrato, siendo que para colores como el amarillo, naranja y violeta, Farrar et al. (2) y Barrera et al. (16), quienes emplearon Durlock® y empapelado respectivamente, coincidieron en la capacidad de transmisión del IR; más discreparon para los colores azul y verde. Por cuanto para el color rojo, las detecciones fueron posibles tanto en cartón-yeso como en empapelado (2,16) mas no en ladrillos.
- Las pinturas de solvente orgánico son capaces de transmitir la radiación IR por lo menos para el color blanco y rojo, al emplearlas sobre sustratos tipo Durlock® (2) y ladrillo.

Dentro de este marco, es viable mencionar la ocurrencia del fenómeno señalado por Dilkie (15) de *re-wetting* (re-humedecimiento) en ambos sustratos, consistente en el corrimiento de las manchas de sangre a lo largo de las paredes luego de aplicadas las primeras capas de pintura, extremadamente notorio al observarse en el espectro VIS aunque casi imperceptible bajo el IR. Tal fenómeno se cree puede deberse a ciertos agentes antiespumantes y/o humedecedores responsables de la adhesión de las pinturas de base acuosa, ya que el mismo se produjo al emplear pintura látex acrílica y esmalte al agua, mas no al aplicar la primera capa de la única pintura empleada de base no acuosa (esmalte sintético). Incluso, es factible cuestionar si el hecho de emplear estas pinturas y generar este re-humedecimiento de las manchas, las mismas atraviesen un proceso de dilución accidental, siendo este un posible causante de la falta de detección IR por medio de la Fotografía Infrarroja por Reflexión, la cual es conocida por reducir su rendimiento en tales circunstancias (2,8).

Finalmente, en cuanto a las configuraciones de cámara utilizadas, los parámetros planteados como útiles fueron análogos a lo largo de las distintas fases de estudio, obteniendo como resultados variadas combinaciones derivadas de las configuraciones de cámara empleadas por Timmons (1), Narcotti (7) y

Lin et al. (8), siendo lo convenientemente modificadas a las posibilidades que la cámara utilizada en este trabajo permitía, denotando que las visualizaciones se dieron en mayor medida al emplear las metodologías planteadas para la relación fotografía IR-sangre en general y no para las empleadas por los antecedentes directos en paredes de Durlock®.

Consideraciones finales

Los resultados obtenidos señalan que la efectividad de las metodologías empleadas sobre los muros de cartón-yeso es relativa. Esta investigación halló resultados coincidentes con los expuestos por los antecedentes directos, confirmando la eficiencia de la técnica, pero los mismos no fueron alcanzados replicando las condiciones por ellos indicadas, sino combinando la única metodología directa exitosa con las mismas empleadas por estudios de foto IR y sangre en general, permitiendo extrapolar el procedimiento resultante logrando detecciones sobre paredes de ladrillos.

Las fases experimentales desarrolladas admiten enunciar que la Fotografía IR por Reflexión permite visualizar manchas de sangre cubiertas por pintura de manera particular: para algunas, a partir de la capacidad de transmisión del IR de las mismas y la concentración de hemoglobina presente en las manchas. Para otras, reflexivas al IR, la incidencia directa y cercana de la luz IR permite interactuar con ellas, resaltando ciertos aspectos de las superficies donde las manchas se hallan escondidas, actuando como herramienta de localización y permitiendo las detecciones según la densidad, sombras y relieves de las máculas. En relación a lo habitualmente utilizado como pinturas en los hogares de Argentina (pinturas látex acrílicas mate), se podría decir que la fotografía IR serviría cuando empleada de la segunda forma mencionada, mas eso no descarta que ante el uso de otras pinturas, la metodología establecida sea realmente exitosa para realizar detecciones por acción del IR en paredes de ladrillo.

Por ello, para que la Fotografía Infrarroja por Reflexión funcione para el fin que ha sido estudiado es necesario, primeramente, que la sangre encubierta no se halle diluida y absorba la radiación IR, que el sustrato de fondo lo refleje, y que las pinturas utilizadas para encubrir, idealmente lo transmitan. En segundo lugar, total oscuridad y el empleo de fuentes de radiación IR (de longitud de onda de al menos 850nm), emplazadas de manera simétrica, incidiendo directamente de forma oblicua a distancias sumamente cortas del sustrato a analizar o a distancias considerables como para que incidan de manera indirecta tipo ambiental. Finalmente, una cámara capaz de captar el espectro IR configurada con aperturas grandes a medianas, velocidades de obturación lentas a medias lentas, con uso de trípode recomendable; y sensibilidades ISOS bajas a medias. El empleo de filtros IR dependerá de la fuente de luz IR usada y elegida. Reiterando, este aporte solo se desarrolló siguiendo el trabajo previo reportado, donde no se utilizaron pruebas de control con otros pigmentos que

pueden confundirse con la sangre ni se analizaron otras variables, aunque está contemplado realizar tales pruebas en contribuciones futuras. Más aún, este trabajo experimental, en futuras contribuciones, deberá revisarse con resultados en campo.

Bibliografía

1. Timmons K. Detection and Documentation of Bloodstains Concealed by Paint: A Practical Approach. (Marshall University Forensic Science Program). 2014.
2. Farrar A, Porter G, Renshaw A. Detection of Latent Bloodstains Beneath Painted Surfaces Using Reflected Infrared Photography. *J Forensic Sci.* 2012; 57: 1190–1198.
3. Robinson E. Crime Scene Photography. 3rd Edition. Academic Press; 2016.
4. Vandenberg N, Oorschot R. The use of Polight® in the detection of seminal fluid, saliva and bloodstains and comparison with conventional chemical-based screening tests. *J Forensic Sci.* 2006; 51(2): 361–370.
5. Virkler K, Lednev IK. Analysis of body fluids for forensic purposes: from laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. *Forensic Sci Int.* 2009; 188(1-3): 1-17.
6. Adair T. Experimental Detection of Blood Under Painted Surfaces. *IABPA News.* 2006;12–19.
7. Narcotti G. La Fotografía Pericial. El uso de la fotografía digital infrarroja en la Criminalística. Ciudadela: Dosyuna Ediciones; 2013.
8. Chun-Yen Lin A, Hsieh H, Tsai L, Linacre A, Lee J. Forensic Applications of Infrared Imaging for the Detection and Recording of Latent Evidence. *J Forensic Sci.* 2007; 52(5): 1148–50.
9. De Broux ST, McCaul KK, Shimamoto S. Infrared Photography. 2007.
10. McKechnie M, Porter G, Langlois N. The detection of latent residue tattoo ink pigments in skin using invisible radiation photography. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 2008; 40(1): 65–72.
11. Bailey J. Digital infrared photography to develop GSR patterns. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 2007; 39(1): 33–40.
12. Sterzik V, Bohnert M. Reconstruction of crimes by infrared photography. *International Journal of Legal Medicine.* 2016; 130(5): 1379–85.
13. Bastide B, Porter G, Renshaw A. Detection of latent bloodstains at fire scenes using reflected infrared photography. *Forensic Science International.* 2019; 302.
14. Sierra Dimas HDL. Análisis Infrarrojo de Obra Pictórica Contemporánea de la Colección de la Universitat Politècnica de València (Trabajo Final de Máster). (Máster en conservación y restauración de bienes culturales); 2013.
15. Dilkie N. Documenting Bloodstain Patterns Concealed beneath Architectural Paint Layers using Multi-Spectral Forensic Photography Techniques (Tesis para acceder al grado de Master of Science in Applied Science.). (Nova Scotia: Saint Mary University); 2016.
16. Barrera V, Haas C, Meixner EA, Fliss B. Detection of painted-over traces of blood and seminal fluid. *International Journal of Legal Medicine.* 2018; 132: 1067–74.
17. Caddy B. Forensic Examination of Glass and Paint. Analysis and Interpretation. London: Taylor & Francis; 2001.
18. Mairinger F. The Infrared Examination of Paintings. In: *Radiation in Art and Archeometry.* New York: Elsevier Science; 2000. p. 40–55.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos para la identificación forense en México

Metzeri Arumi Mendoza-Castellanos^{1✉}, Aurora Marcela Pérez-Flórez¹

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH)

✉ arumi_mendoza@hotmail.com

Datos del artículo

Cita: Mendoza-Castellanos Metzeri Arumi, Pérez-Flórez Aurora Marcela. 2023. Herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos para la identificación forense en México. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1): 61-81 pp.

Editor: Alexa Villavicencio Queijeiro.

Recibido: 25 marzo 2023.

Aceptado: 21 abril 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

México enfrenta una crisis forense con múltiples desafíos, entre ellos el retraso en la identificación de cuerpos resguardados en diversas instituciones públicas. La genética forense se ha revelado como una herramienta poderosa para abordar esta problemática, permitiendo la identificación de individuos con alta precisión a través del análisis de perfiles genéticos obtenidos de muestras de referencia de familiares de desaparecidos y de individuos no identificados. Se enviaron solicitudes de información a 36 instituciones: fiscalías estatales, la Fiscalía General de la República, Centros de Identificación Humana y la Guardia Nacional, con la finalidad de indagar sobre las herramientas que actualmente se utilizan para el almacenamiento, análisis y cotejo de datos genéticos. Este artículo discute los resultados y destaca la necesidad de establecer una coordinación y articulación entre las instituciones involucradas en la identificación de personas en el país, con la finalidad de asegurar la calidad de los perfiles genéticos y la credibilidad de los resultados obtenidos.

Palabras clave: genética forense, bases de datos genéticas, crisis forense, identificación humana.

Abstract

The forensic crisis that Mexico is going through, faces multiple challenges, one of which refers to the backlog in the identification of bodies held in various public institutions. Forensic genetics has emerged as a powerful tool to address this problem, allowing the identification of individuals with high precision through the analysis of genetic profiles obtained from reference samples of relatives of missing persons and unidentified individuals. Requests for information were sent to 36 institutions: state prosecutors' offices, the Attorney General's Office, Human Identification Centers, and the National Guard, to inquire about the resources that are currently used for the storage, analysis, and comparison of genetic data. This article discusses the results and highlights the need to establish coordination and articulation between the institutions involved in the identification of corpses in the country, in order to ensure the quality of the genetic profiles and the credibility of the results obtained.

Keywords: forensic genetics, dna database, forensic crisis, human identification.

Introducción

Dentro de las disciplinas que componen las ciencias forenses, se encuentra la genética forense. Esta rama de la biología y subespecialidad de la medicina legal utiliza técnicas genéticas y genómicas en contextos forenses para la procuración de justicia (1,2). A mediados del siglo XX, la genética comenzó a ser utilizada para resolver casos delictivos con la tipificación de los grupos sanguíneos ABO por Landsteiner (3,4).

Sin embargo, no fue hasta 1984 que la genética forense comenzó a consolidarse en el campo de las ciencias forenses gracias al descubrimiento realizado por el genetista británico Alec Jeffreys, quien observó que ciertas regiones no codificantes del ácido desoxirribonucleico (DNA por sus siglas en inglés) presentaban variaciones en minisatélites (VNTR's por sus siglas en inglés) entre individuos (3,4).

No obstante, debido a las características tan específicas con las que debía contar la muestra de ADN para lograr ser procesada mediante el análisis de VNTR's, la baja sensibilidad de esta misma y el riesgo del personal a la radioactividad en el proceso, con el paso de los avances técnico-científicos y la introducción de la técnica de amplificación por Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), esta metodología fue reemplazada por otro tipo de marcadores genéticos, entre ellos, se encuentran las secuencias cortas de repetición en tándem (STRs por sus siglas en inglés), también conocidas como microsatélites (1).

Los microsatélites son regiones de ADN no codificantes que constan entre 1 a 6 pares de bases, en las cuales un fragmento se repite consecutivamente. Debido a que existe un alto grado de variación en el número de repeticiones entre individuos, estos marcadores permiten la individualización, siendo los más utilizados en el ámbito forense hasta la fecha (1,3). Adicionalmente, el análisis de los polimorfismos en cromosomas sexuales y en la región control del ADN mitocondrial ha sido de gran utilidad en este campo desde finales de la década de 1990 (3,5).

La caracterización de estos marcadores permite la obtención de un perfil genético, el cual debe ser resguardado y cotejado. Dependiendo de los objetivos y recursos disponibles, esta comparación puede llevarse a cabo con los perfiles genéticos almacenados en bases de datos provenientes de diversas fuentes, para su posterior interpretación e integración como prueba pericial en un proceso judicial (6,7).

Son diversas las herramientas empleadas para el almacenamiento y análisis de los perfiles genéticos. De acuerdo con Mestres y Vives-Rego (7), un banco de datos genéticos aplicado a contextos forenses se refiere a un espacio de almacenamiento capaz de albergar un conjunto amplio de perfiles genéticos pertenecientes a individuos relacionados con sucesos delictivos. Mientras que

una base de datos forense resguarda información genética poblacional que proporciona validez estadística a los resultados (7). Un ejemplo de esto es la base de referencia EMPOP, utilizada para las estimaciones de frecuencias en secuencias de ADN mitocondrial en casos forenses (8).

Por otra parte, un software se define como “una colección de programas, procedimientos, reglas y datos que controlan el funcionamiento de un sistema de cómputo” (9), tal es el caso del *software* DNA-VIEW (10). Los bancos, bases y softwares de datos genéticos han marcado un hito en los procesos de identificación humana y resolución de delitos. Mediante el análisis y comparación de perfiles genéticos, es posible obtener un *match* o coincidencia —parcial o total— que contribuya significativamente a las investigaciones, ya sea con fines judiciales y/o humanitarios (6).

Gracias a estas herramientas, el análisis de ADN es una práctica común en la investigación forense, y como resultado, el número y tamaño de las bases de datos genéticas han aumentado considerablemente con un gran potencial de expansión (11). Sin embargo, la utilidad de la información contenida en las bases de datos de ADN depende de una compleja cadena de acciones humanas que se ve afectada por limitaciones técnicas, científicas, organizativas y legales (12).

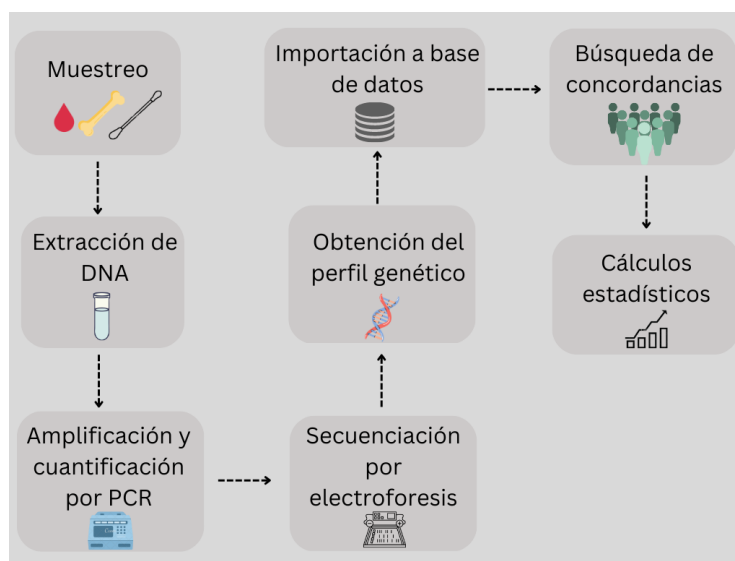


Figura 1. Procesos desde la toma de muestras hasta los cálculos estadísticos de la concordancia entre los perfiles genéticos.

En México, la implementación, gestión y uso de estas herramientas se ha dado de manera paulatina y desigual entre estados, sin lograr consolidar un esfuerzo nacional y unificado hasta la fecha. Con base en información recuperada de la página oficial del Gobierno de México —en la que los términos bancos, bases y softwares para el almacenamiento y análisis de datos genéticos se utilizan de forma indiscriminada—, los primeros registros que se tienen de

un banco de datos genéticos en el país se sitúan en 2004, en medio de la ola de violencia hacia las mujeres y niñas que se perpetuó en el norte del país.

La presión de generar respuestas específicas promovió la creación del Banco de Datos en Genética Forense (BDGF), en la Fiscalía Especial para la Atención de los Delitos Relacionados con los Homicidios de Mujeres en el Municipio de Juárez, Chihuahua (13,14). Destacando también, que esta fue la primer fiscalía en contar con una ley reguladora para el establecimiento de una base de datos genéticos (15).

Posteriormente, en 2008, la Coordinación General de Servicios Periciales fue designada para administrar una Red Nacional de Bases de Datos Genético-Forense. Sin embargo, en 2016, diversas instituciones gubernamentales reconocieron que al no estar completa y contar con poca coordinación entre las autoridades, dicha Red no satisfacía las necesidades forenses a las que se enfrentaba el país (16).

En septiembre de 2009, en el marco de la Iniciativa Mérida, Estados Unidos donó el *software Combined ADN Index System* (CODIS), que usa el *Federal Bureau of Investigation* (FBI, por sus siglas en inglés) para el almacenamiento, cotejo y análisis de perfiles genéticos. No obstante, fue hasta noviembre del 2011, que este entró en funcionamiento en algunos estados (6,17).

Un año después, en 2012, dentro de los acuerdos conciliados por el Consejo Nacional de Seguridad Pública en su Trigésima Tercera Sesión, se aprobó el Programa de Genética Forense, el cual tuvo por objetivo: “Fortalecer, entre otros, la Base de Datos de Perfiles Genéticos del Sistema Nacional de Información sobre Seguridad Pública, a efecto de constituirlo como una herramienta de investigación de las Instituciones de Procuración de Justicia” (18).

Asimismo, dicho Acuerdo fue retomado en 2015 para la elaboración del marco jurídico del Protocolo para el Tratamiento e Identificación Forense, en el cual se contempla una “base de datos de perfiles genéticos de desaparecidos”, buscando un alcance a nivel nacional, mediante la alimentación del CODIS (19).

De manera reciente, el incremento en las desapariciones forzadas de personas y el elevado número de cuerpos en resguardo de la fiscalía sin identificar impulsó el establecimiento de un marco jurídico relacionado con el almacenamiento y análisis de datos genéticos. Como resultado de ello, se creó la Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas (en adelante Ley General) (20), publicada en 2017, en la cual se estipula la creación del Banco Nacional de Datos Forenses (BNDF) (Art. 48°, 2017).

Como lo señala la Ley General, el BNDF estará constituido por “las bases de datos de los registros forenses de la Federación y de las Entidades Federativas, incluidos los de información genética, los cuales deben estar interconectados en tiempo real” (Art. 119°, 2017). En la sección de datos genéticos, dicho repositorio deberá contemplar como mínimo lo siguiente:

La información genética de los Familiares en primer grado en línea recta ascendente o descendente, o segundo grado en línea colateral, de las Personas Desaparecidas y No Localizadas, conforme se requiera, y la información genética de terceras personas en los casos en que así lo requiera la autoridad ministerial o judicial que corresponda, como datos o medios de prueba (Art. 124°, 2017).

Es importante destacar que, de acuerdo con los Artículos 108° y 122°, tanto las muestras biológicas como los datos genéticos que se proporcionen tendrán como único fin la identificación de Personas Desaparecidas o No Localizadas. Mientras que, en el artículo 127°, se establece que el tratamiento de los datos personales se hará de acuerdo con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de transparencia y protección de datos personales, así como de los derechos humanos reconocidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los Tratados y otros acuerdos con las instituciones internacionales en caso de intercambio transfronterizo.

Sin embargo, pese a la puesta en marcha de la Ley General en el 2017 y la obligatoriedad de la Fiscalía frente al BNDF, el 31 de diciembre del 2021, el Juzgado de Distrito Décimo Primero en materia administrativa en Ciudad de México, admitió una demanda de amparo contra la Fiscalía General de la República (FGR) por la omisión de crear el Banco Nacional de Datos Forenses (BNDF). La demanda de amparo fue presentada por Olimpia Montoya, hermana de Marco Antonio Montoya Juárez, quien desapareció en Celaya, Guanajuato, el 18 de marzo de 2017, acompañada por el Centro de Derechos Humanos Miguel Agustín Pro Juárez (Centro Prodh).

En ella se reclaman diversas afectaciones a su derecho a la verdad y justicia ocasionadas por la falta de creación y operación del BNDF (21). Como resultado de la demanda, el 5 de octubre de 2022 el Juez Primero de Distrito del Centro Auxiliar de la Novena Región con sede en Zacatecas, emitió una sentencia para que la FGR implementará el BNDF en un plazo de 40 días hábiles (22).

Sin embargo, y a pesar de la gran necesidad de la creación y funcionamiento del BNDF para lograr que las víctimas directas e indirectas de desaparición accedan a su derecho de verdad, justicia y reparación integral que marca la misma Ley General (Art. 5°, fracción II, 2017), fue hasta marzo de 2023 que la FGR anunció la puesta en marcha de esta base nacional.

Durante la audiencia pública 186 de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) celebrada el 10 de marzo de 2023, la FGR anunció que el BNDF se encontraba en operación. Según lo comunicado, el BNDF opera actualmente con las bases y registros forenses disponibles en la Fiscalía, los cuales se integran a través de un motor de búsqueda que permite su vinculación y comunicación (23).

Con el objetivo de lograr la interconectividad a nivel nacional, la FGR ha diseñado un plan de trabajo en cuatro etapas. La primera etapa consistió en el

arranque del proyecto, mientras que la segunda etapa se centra en la integración de las bases de datos de las instituciones de procuración de justicia federal y estatal. Actualmente, se está trabajando en la implementación de esta fase, con la incorporación gradual de las fiscalías al BNDF. La tercera etapa contempla la integración de otras autoridades y la cuarta su consolidación (23).

La Fiscalía advierte de las dificultades operativas y técnicas para lograr la interconexión en tiempo real a nivel nacional, pues no todas las instituciones registran su información de manera uniforme y no todas cuentan con las capacidades tecnológicas para llevar a cabo la conectividad (23). Por lo tanto, es claro que el arranque reciente del BNDF, no garantiza al día de hoy (abril 2023) la operación del BNDF como lo demanda la Ley General.

Por otro lado, en la misma audiencia pública la Comisión Nacional de Búsqueda (CNB), junto con el Centro Nacional de Identificación Humana (CNIH), el Mecanismo Extraordinario de Identificación Forense (MEIF), los Centros Regionales de Identificación Humana de Coahuila y Jalisco y el laboratorio de identificación forense del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), comunicaron el desarrollo de un plan independiente de la FGR abordado con una metodología con enfoque masivo, el cual contempla también el cotejo de perfiles genéticos (23). Como la ha definido la CNB, esta metodología *“supone la ejecución de procesos forenses a gran escala con el fin de comparar de manera masiva la información pericial que se obtienen, utilizando a la genética forense y a la dactiloscopia como las ciencias orientadoras que permiten reducir los universos de búsqueda para crear hipótesis individualizadas y al más grado alto de certeza confirmar con el resto de las ciencias forenses multidisciplinarias la identificación de una persona”* (20).

Como se comunicó en la audiencia pública, la CNB ha realizado acuerdos con seis fiscalías del país (12 fiscalías en proceso) y con la Guardia Nacional, para el intercambio de datos forenses, entre ellos perfiles genéticos de cuerpos o fragmentos de cuerpos sin identificar y familiares de desaparecidos, con el objetivo de comparar de manera masiva esta información (23).

Asimismo, la CNB a través de la realización de campañas nacionales de toma de muestras referenciales, está recuperando de manera adicional perfiles genéticos de familiares de personas desaparecidas en varios estados del país. Además, el INMEGEN estará encargado de realizar el análisis de muestras complejas, investigación básica en el área de genética forense y obtención de perfiles de muestras referenciales, para la confronta en las bases de datos (24).

Con base en lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo indagar sobre las herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos utilizadas en México, con la finalidad de comprender los retos técnicos y metodológicos que tendrían que sobrellevar las diversas instituciones para asegurar que los perfiles genéticos ingresados a sus bases sean de calidad y que los resultados de las comparaciones tengan credibilidad.

Material y método

Por medio de solicitudes de información realizadas en el periodo de enero-julio de 2022 y de enero-marzo de 2023, a través del apartado del Sistema de Solicitudes de Información (INFOMEX) en la página web de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT), se recuperó la información correspondiente a diversos aspectos en materia de genética forense de las 32 Fiscalías de las entidades federativas del país, de la Fiscalía General de la República, del Centro Nacional de Identificación Humana (CNIH), de la Guardia Nacional y del Centro Regional de Identificación Humana (CRIH).

Las solicitudes de información se constituyeron de un cuestionario con 14 preguntas (enero-julio de 2022) y con 12 preguntas (enero-marzo de 2023), relacionadas con protocolos, acreditaciones y capacitaciones, muestras, bases de datos y perfiles genéticos (ver cuestionarios en Información Suplementaria S1 y S2). En caso de que la información recuperada no fuera suficiente en algún caso en particular, se enviaron nuevas solicitudes de información. Posteriormente, para el presente artículo, con base en la información recabada, se consultó acerca del funcionamiento de las herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos utilizadas en las instituciones consultadas.

Resultados

Herramientas para el almacenamiento de perfiles genéticos obtenidos a partir de muestras de referencia de familiares de desaparecidos y de muestras de individuos en calidad de desconocidos

Con base en las respuestas a las solicitudes de información, se logró mapear un total de 11 herramientas para almacenar datos genéticos, siendo las más comunes Excel, M-FISys y SmallPond. Destacando que en los casos de Aguascalientes, Durango, Guerrero, Quintana Roo, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz, emplean más de una herramienta informática para esta tarea.

Al menos 11 estados comparten la misma herramienta (Excel) para almacenar los datos, siendo Aguascalientes, Chiapas, Colima, Durango, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Tamaulipas. Mientras Campeche, Estado de México, Yucatán y Guerrero y Veracruz hacen uso del *software* M-FISys y en Baja California, Chihuahua, Guerrero, Hidalgo, Sonora, Tabasco y Tamaulipas emplea SmallPond. Tanto Quintana Roo como Tlaxcala, utilizan DigiMed.

Por último, se identificó el uso de seis bases locales, empleadas en Aguascalientes y Ciudad de México (sisgen), Guanajuato (Banco de Genética del Sistema Web Estatal), Jalisco (Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses utiliza ijcf16), Michoacán (Genapp), Veracruz (CoMuL-G) y Zacatecas (base de datos del Laboratorio de Genética).

Herramientas para la búsqueda de concordancias de perfiles genéticos obtenidos a partir de muestras de referencia de familiares de desaparecidos y de muestras de individuos en calidad de desconocidos

Al solicitar información respecto a las herramientas empleadas para la búsqueda de concordancias de perfiles genéticos, se encontró que se utilizan 14 herramientas informáticas diferentes, la mayoría de las cuales se usan también para el almacenamiento de perfiles genéticos.

La más empleada para este proceso fue SmallPond, presente en ocho entidades federativas (Baja California, Chihuahua, Guerrero, Hidalgo, Querétaro, Sonora, Tabasco y Tamaulipas). M-FISys y DNA-VIEW ocupan el segundo y tercer lugar. M-FISys se usa en siete entidades: Campeche, Estado de México, Guerrero, Nayarit, Nuevo León, Veracruz y Yucatán, mientras que DNA-VIEW se emplea en cinco estados: Chihuahua, Colima, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. Este procedimiento se realiza de forma manual en Chiapas, Ciudad de México y Puebla. Únicamente San Luis Potosí y Morelos reportaron softwares que no habían sido mencionados previamente: Familias y Genética Forense Final, y ACCEDE respectivamente.

En la figura 2 se presenta un mapa que contiene los resultados obtenidos correspondientes a las herramientas de almacenamiento y búsqueda de concordancias utilizadas por las Fiscalías de las diferentes entidades federativas en México.

Herramientas para realizar cálculos estadísticos de las concordancias de perfiles genéticos obtenidos a partir de muestras de referencia de familiares de desaparecidos y de muestras de individuos en calidad de desconocidos

Para realizar los cálculos estadísticos derivados de las concordancias de perfiles genéticos se identificaron un total de 13 herramientas utilizadas por las fiscalías estatales, las cuales todas ya habían sido mencionadas en las respuestas correspondientes a almacenamiento y búsqueda de concordancias. Las herramientas Familias y Genética Forense Final fueron las más frecuentes. Familias es usada por 12 entidades: Baja California, Chiapas, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco y Tamaulipas, y Genética Forense Final por siete entidades: Baja California, Campeche, Estado de México, Hidalgo, Oaxaca, Quintana Roo y San Luis Potosí.

De igual manera, se identificó que los estados de Chiapas y Zacatecas realizan este proceso de forma manual, en conjunto con el uso del *software* Familias y Excel respectivamente. Por último, es de destacar la presencia de las herramientas adicionales como PATPCR y YHRD, empleadas únicamente por Nuevo León, y de Patcan2 y Lrmix Studio utilizadas en Puebla (Figura 3).

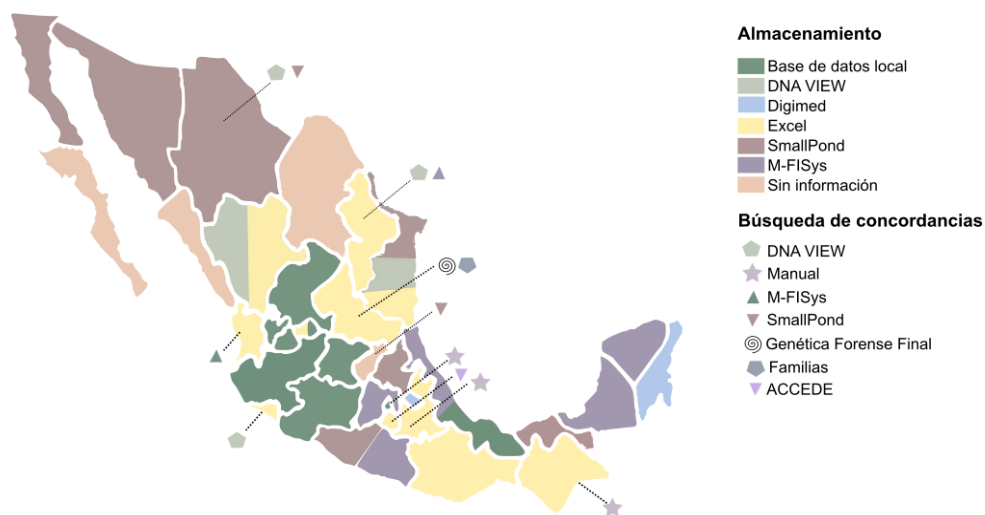


Figura 2. Herramientas de almacenamiento y búsqueda de concordancia de datos genéticos de muestras de referencia e individuos en calidad de desconocidos por las Fiscalías de las Entidades federativas en México. Elaboración propia a partir del Sistema de Solicitudes de Información (INFOMEX) de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT). Es importante señalar que con la finalidad de no reportar información confusa, los datos mostrados en el mapa reflejan las respuestas obtenidas en la segunda ronda de preguntas (enero-marzo 2023), aquellos que no cuentan con símbolo son entidades que utilizan la(s) misma(s) herramienta(s) para almacenamiento y búsqueda de concordancias de perfiles genéticos. 1) Chihuahua especificó que el sistema CODIS está en fase de implementación para ambos procesos. 2) Quintana Roo estableció que utiliza un formato CODIS en su base de datos DigiMed. 3) Puebla señaló que la implementación de CODIS está en su fase inicial.

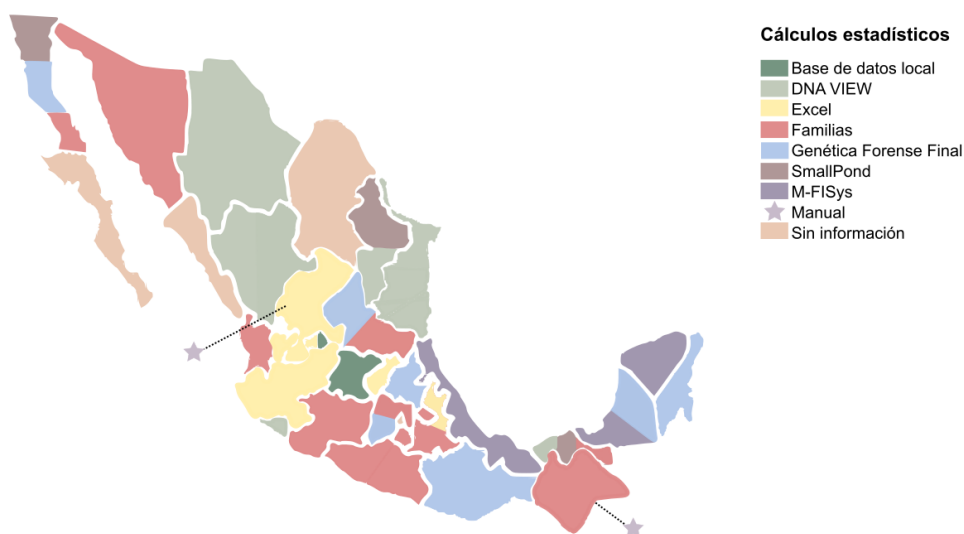


Figura 3. Herramientas de cálculos estadísticos de concordancias de perfiles genéticos de muestras de referencia e individuos en calidad de desconocidos por las Fiscalías de las Entidades federativas en México. Elaboración propia a partir del Sistema de Solicitudes de Información (INFOMEX) de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT). Es importante señalar que con la finalidad de no reportar información confusa, los datos mostrados en el mapa reflejan las respuestas obtenidas en la segunda ronda de preguntas (enero-marzo 2023).

Tabla 1. Descripción general de las herramientas informáticas más utilizadas para almacenar, cotejar y analizar datos genéticos por las Fiscalías de las entidades federativas en México. Elaboración a partir de (25,10,26,27,28,29).

Herramienta	Descripción general
Digimed ADN	DigiMed ADN es una herramienta para el almacenamiento y cotejo de perfiles genéticos autosómicos, marcadores al 50% y cromosoma Y. DigiMed cuenta con un eficaz sistema de trazabilidad, y al igual que M-FISys, es compatible con CODIS (este último utilizado por FGR).
DNA-VIEW	Creado por Charles Brenner, DNA VIEW es una herramienta informática de la cual su principal función es la de permitir la comparación y evaluación de perfiles genéticos para determinar similitudes y posibles relaciones familiares. DNA VIEW supone un software capaz de manejar grandes cantidades de información.
Excel	Microsoft Excel es una hoja de cálculo diseñada por primera vez a mediados de los años 80's, la cual es utilizada para realizar operaciones de cálculo, gráficas, tablas, entre otras. A pesar de no estar diseñado específicamente para albergar y/o cotejar datos genéticos con fines forenses, Excel ha servido como base para el desarrollo de sistemas de clasificación automatizada de perfiles genéticos.
Familias	El software Familias es un software de código abierto creado en 1995 por el Centro Computacional de Noruega. Familias es utilizado principalmente para calcular análisis probabilísticos en casos de paternidad, asimismo, cuenta con la ventaja de estar diseñado para trabajar con casos complejos, en donde se hayan presentado mutaciones genéticas.
M-FISys	Como su nombre lo indica, el Sistema de Identificación de Fatalidades Masivas (M-FISys por sus siglas en inglés), elaborado en 2001 para la identificación de las víctimas del desastre del <i>World Trade Center</i> , tiene como objetivo la identificación masiva por ADN de restos humanos. Por lo que representa una herramienta invaluable en casos complejos en donde hubo fragmentación de las estructuras óseas. M-FISys utiliza SNPs, mtADN y STRs para la identificación humana, mediante análisis de parentesco y de coincidencia directa.
SmallPond	SmallPond refiere a un software privado de comparación de perfiles de ADN, que permite crear y mantener una base de datos de perfiles de STRs. Asimismo, la arquitectura de SmallPond puede ser utilizada tanto para la identificación humana masiva como en investigación criminal. Adicionalmente, su aplicación es muy segura, pues fue diseñado con el fin de reducir el riesgo de que los perfiles genéticos se vean comprometidos.

Fiscalía General de la República, Guardia Nacional, Centro Nacional de Identificación Humana y Centro Regional de Identificación Humana

Para el caso de Guardia Nacional, en la segunda ronda de solicitudes manifestó no tener información al respecto de las preguntas planteadas, por lo que únicamente se cuenta con la información de la primera ronda de preguntas. En esta, se menciona que la Guardia Nacional utiliza el *software* SmallPond para almacenar y cotejar perfiles genéticos.

Por otra parte, se recuperó información de la Fiscalía General de la República, la cual señaló utilizar el *software* CODIS para las tareas de almacenamiento, búsqueda de concordancias y cálculos estadísticos de las confrontas. Asimismo, indicó que para el haplotipo del cromosoma "X" se emplea el *software* Familylink X, mientras que para el análisis de genoma mitocondrial, se utiliza la base referencial EMPOP.

El Centro Nacional de Identificación Humana respondió que al ser una institución de reciente creación, aún no se encuentra en funciones por lo que no cuenta con la información solicitada. Por otro lado, el Centro

Regional de Identificación Humana ubicado en Coahuila, estableció que para el almacenamiento y cotejo de perfiles genéticos cuenta con el software M-FISys. Por último, es de destacar que no se logró recuperar información de los Centros Estatales de Identificación de los Estados de Veracruz, San Luis Potosí y Jalisco, ya que la plataforma PNT no cuenta con la opción de enviar solicitud de información a las Comisiones Locales de Búsqueda de dichas entidades.

Intercambio y almacenamiento de perfiles genéticos obtenidos a partir de muestras de referencia de familiares de desaparecidos y de muestras de individuos en calidad de desconocidos

De acuerdo con la información obtenida a través de las solicitudes de información, se identificó que la mayoría de las entidades federativas reciben perfiles genéticos de otras entidades con la finalidad de realizar búsquedas de concordancias. Con excepción de Baja California Sur, Coahuila, Nayarit y Sinaloa, de las que no se logró recuperar información en la segunda ronda de preguntas o bien no se contestó a la pregunta en específico, y Campeche que dio una respuesta negativa.

Sin embargo, los procesos de almacenamiento y remoción de los perfiles que llegan de otras entidades son heterogéneos. En las entidades federativas de Aguascalientes, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Morelos, Jalisco, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas, los perfiles genéticos provenientes de diferentes entidades se reciben con la finalidad de realizar confrontas y posteriormente se resguardan. Por otro lado, en Puebla se reciben perfiles de otras entidades federativas, pero al estar su base de datos en una fase inicial, no es posible realizar cotejos.

Mientras que en Baja California, Chihuahua, Ciudad de México y Veracruz fueron más específicos al detallar que los perfiles genéticos no son resguardados posterior a la confronta si el Ministerio Público no lo solicita. En las fiscalías de Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro y Tamaulipas, no se almacenan los perfiles recibidos para futuras confrontas.

El resguardo o remoción de perfiles genéticos pertenecientes a un individuo identificado y sus familiares es otro ejemplo de la heterogeneidad en la gestión de datos genéticos entre los estados. La mayoría de las entidades federativas sigue resguardando estos perfiles en sus bases de datos, pero con una etiqueta diferente, a menos que reciban una orden ministerial que ordene lo contrario. Lo anterior no es el caso de las entidades federativas de Baja California, Chiapas, Chihuahua, Hidalgo y San Luis Potosí, quienes señalan que los perfiles genéticos de los individuos identificados y sus familiares son eliminados.

Discusión

El proceso de identificación de una persona requiere de la colaboración y el trabajo conjunto de diversas disciplinas para establecer su identidad de manera integral (30). Sin embargo, en la actualidad, los análisis genéticos se han convertido en una herramienta habitual para lograr este objetivo. En los últimos años, la implementación de una metodología con enfoque masivo por parte de instituciones como la CNB ha generado expectativas más elevadas en cuanto a los resultados de identificación que se pueden obtener mediante esta técnica (31,32).

Es indudable que los análisis de ADN son una herramienta eficaz en los procesos de identificación. Debido a su rigor científico y su alta fiabilidad, se han convertido en una herramienta útil para establecer la identificación de un individuo con una alta probabilidad de acierto. Además, la creación de bases de datos que comparan de manera masiva los conjuntos de datos que contienen genotipos de individuos desconocidos con información genética de familiares de personas desaparecidas, puede conducir a una identificación rápida y precisa de los cuerpos, idealmente en un plazo corto de tiempo (11,33,34).

Sin embargo, la eficacia en el análisis de perfiles genéticos para la identificación humana está relacionada con la disponibilidad de información completa de los individuos en ambos conjuntos de datos, como se ha demostrado en casos de desastres masivos (35). Un ejemplo de ello se encuentra en los casos del ataque a las Torres Gemelas ocurridos el 11 de septiembre del 2001 en Estados Unidos, donde después de 20 años, aproximadamente el 60% de las personas fallecidas han sido identificadas principalmente mediante análisis de ADN, lo que refleja la efectividad de esta herramienta en situaciones donde se cuenta con la información completa de los individuos (36).

Para que la información obtenida de los análisis genéticos sea confiable y útil, es esencial que los perfiles genéticos se cotejen en una base de datos nacional en tiempo real. Además, es fundamental que las muestras de ADN tomadas de diferentes fuentes, como cuerpos dubitados, muestras alternas y de referencia de familiares, sean de alta calidad. De lo contrario, la precisión de las identificaciones puede verse comprometida y dar lugar a resultados incorrectos o inconclusos (37,38).

Como se mencionó anteriormente, la generación de una base nacional de perfiles genéticos para la identificación de personas aún está en implementación y no está claro cómo la FGR o la CNB manejarán el intercambio de información entre ellas y las entidades federativas. Actualmente, el intercambio de perfiles genéticos se realiza mediante solicitudes del Ministerio Público, donde una fiscalía envía información para ser cotejada con las bases de datos de otra fiscalía.

En esta investigación se pudo corroborar que al menos 26 Fiscalías realizan estos cotejos siempre que exista una solicitud del Ministerio Público. Sin

embargo, se desconoce con qué frecuencia llegan estas solicitudes a los estados y de qué depende que el Ministerio Público realice la solicitud, así como cuáles son los desafíos de las familias al momento de solicitar este procedimiento.

Asimismo, al menos 15 Fiscalías mantienen almacenados los perfiles genéticos recibidos en sus propias bases de datos, incluso cuando no se han encontrado coincidencias con otros perfiles. Esto podría indicar que algunos estados cuentan con una base de datos que tienen el potencial de hacer comparaciones nacionales. Sin embargo, esto no garantiza que haya un intercambio continuo y eficiente de información entre las fiscalías de los diferentes estados.

Como se mencionó con anterioridad, actualmente la estrategia que sigue la FGR y la CNB para crear una base de datos nacional para la identificación de personas a través de perfiles genéticos, es la que está contemplada en la Ley General. La estrategia incluye la creación de una base centralizada la cual recibirá la información de las entidades federativas y de otros registros que en la ley se contemplan como herramientas (Artículo 48°) y estará administrada por la FGR en el caso BNDF, o por la CNB a través del CNIH.

En el caso de la CNB, se asume que ingresarán a la base de datos solo los perfiles genéticos de las instituciones con las que se establezcan acuerdos de colaboración. Sin embargo, ante el anuncio de la FGR de la puesta en marcha del BNDF, aun no se esclarece si la estrategia de la CNB de establecer convenios con las Fiscalías seguirá su curso y quiénes estarán obligados a realizar este intercambio de información con la CNB, al margen de los cotejos que pueda realizarse a partir del BNDF.

Los resultados de esta investigación han evidenciado que el punto de partida para las instituciones como FGR y CNB, es la heterogeneidad de las herramientas de información para almacenar, cotejar y analizar la información genética que actualmente se usa en los diferentes estados ¿La heterogeneidad de bases, bancos y *softwares* es un inconveniente para un cruce masivo de datos genéticos a nivel nacional?

En el marco del régimen de Prüm de la Unión Europea, se ha demostrado que es posible el intercambio de información genética, incluso si las bases de datos nacionales utilizan diferentes *softwares* de comparación. Este es el caso de países como Alemania, Austria, Dinamarca, Francia, Luxemburgo y el Reino Unido, que utilizan sistemas de desarrollo propio a diferencia del *software* CODIS (33,39). Es importante destacar que el modelo de intercambio no contempla una base de datos centralizada, sino que las bases de datos nacionales de cada Estado miembro deben estar disponibles para el resto de los países signatarios del acuerdo.

Para lograr que los perfiles genéticos se comparen entre sí de manera efectiva, a pesar de las diferencias en cada país, los Estados europeos deben configurar sus bases de datos de acuerdo a los requerimientos técnicos y administrativos exigidos. Entre estas exigencias se encuentran la integridad y

seguridad de datos, el uso del conjunto estándar mínimo de loci acordado y el cumplimiento de estándares de calidad comunes para la producción de perfiles (33).

Por lo tanto, el problema de la heterogeneidad en las herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de datos genéticos en México plantea problemáticas normativas, técnicas, políticas y económicas, que deben subsanarse para concertar criterios mínimos de homogeneidad que faciliten el intercambio de información genética y garanticen la credibilidad de los resultados. A continuación, se reflexionará sobre algunas de estas problemáticas.

Marco normativo

A la fecha no existen lineamientos sólidos acerca de cómo se realizará el intercambio de datos en materia de genética forense en el país ante el panorama de múltiples instituciones que cuentan con perfiles genéticos tanto de familiares como de cuerpos o fragmentos de cuerpos sin identificar. La Ley General establece que:

El BNDF debe estar interconectado con las herramientas de búsqueda e identificación previstas en esta Ley que conforman el Sistema Nacional y ser actualizado en tiempo real, mediante personal designado y capacitado para ello. La información deberá ser recabada de conformidad con los protocolos correspondientes. El BNDF deberá realizar cruces de información de manera permanente y continua con el Registro Nacional y el Registro Nacional de Personas Fallecidas y No Identificadas, así como con otros registros que no forman parte del Sistema Nacional que contengan información forense relevante para la búsqueda de personas. La Fiscalía emitirá los lineamientos para que las autoridades de los distintos órdenes de gobierno remitan dicha información de forma homologada. Estos lineamientos se elaborarán considerando la opinión de autoridades competentes y expertos en la materia y de acuerdo a estándares internacionales (Artículo 119°, 2017).

A la fecha las únicas entidades que cuentan con una ley para regular la creación de bases genéticas son Chihuahua (2009), Ciudad de México (2019) y Jalisco (2021). En términos generales, estas leyes establecen la creación de registros genéticos y las responsabilidades de los actores involucrados en los procesos de toma de muestras, análisis y administración de datos. Sin embargo, no abordan de manera específica el intercambio de información genética entre distintas entidades federativas, lo que puede generar incertidumbre y falta de claridad en el manejo de dicha información (12,40,41).

Asimismo, ninguna de las normativas actuales es puntual respecto a los procedimientos y responsabilidades en áreas tan fundamentales como la protección de los datos, inclusión y remoción de perfiles en las bases genéticas,

organización, administración, custodia y eventual traslado de datos, manejo de banco de muestras biológicas para análisis posteriores, e idoneidad de los laboratorios que llevarán a cabo los procedimientos de recolección y tratamiento de las muestras, entre otras cuestiones.

Esta falta de un marco normativo de intercambio de datos en México también complica la búsqueda e identificación de migrantes desaparecidos. A pesar de la reciente aprobación de los lineamientos del Mecanismo de Apoyo Exterior de Búsqueda e Investigación (MAEBI) por parte de México, aún queda por resolver cómo se llevará a cabo el intercambio de información, no solamente genética, en el contexto de este problema humanitario (42).

Aunque algunos países de Latinoamérica cuentan con bases de datos nacionales, la implementación de una estrategia regional se ve obstaculizada por limitaciones en cuanto a infraestructura y normativas, lo que impide la colaboración y el intercambio de datos entre los países. Es fundamental abordar estas limitaciones para establecer una iniciativa regional que permita la identificación de migrantes desaparecidos y fortalecer la respuesta a esta crisis humanitaria (43).

Quizás los puntos de mayor preocupación frente a la ausencia de una normativa son la protección de la información biológica al momento de los intercambios entre instituciones y la calidad de los datos que se van a cotejar. Esta no es una discusión nueva, cuando se publicó la creación del banco de datos forenses para la ciudad de México de delitos sexuales en el 2019, ya se advertía sobre las ambigüedades en el marco jurídico, así como la carencia de protocolos homologados a nivel nacional que garantizarán la confiabilidad de los datos (44,45,46).

Desafortunadamente, la seguridad de los datos en México ya ha sido puesta a prueba. A finales del 2021, en el reportaje “Traficantes de ADN” se dio a conocer que un laboratorio privado, denominado Central ADN, desde el 2016 tuvo acceso y copia de las bases genéticas de la FGR, Comisión Nacional de Seguridad, Policía Federal y fiscalías de los estados de algunos estados y, ofreció a familiares de personas desaparecidas, el cotejo de sus muestras a nivel nacional (47).

El laboratorio ofrecía sus servicios de análisis, resguardo y cotejo a los familiares de desaparecidos de manera gratuita. Sin embargo, a cambio del servicio, pedía a los familiares de desaparecidos hablar bien de sus laboratorios ante las autoridades. Así, el laboratorio celebraba convenios con fiscalías que les representaban millones de pesos por largos periodos de tiempo. El laboratorio llevaba más de ocho años recolectando y comercializando muestras de ADN por todo el país (47).

Otro aspecto que ha generado preocupación es la necesidad de garantizar que los datos de los perfiles genéticos se utilizarán únicamente con fines de identificación y que la información resultante de ellos se manejará de acuerdo con criterios éticos. El uso inapropiado de los datos genéticos puede

tener consecuencias negativas para los individuos y sus familiares, como la discriminación laboral, la exclusión social o incluso la violación de su privacidad (48).

Por lo tanto, es esencial contar con una normativa que garantice la protección y seguridad de los datos genéticos antes de iniciar el intercambio de información. Esta normativa debe asegurar el uso ético de los datos, así como la validez, calidad y confiabilidad de la información compartida. Solo así se podrá aumentar la credibilidad de los resultados derivados de los cotejos genéticos y, al mismo tiempo, proteger los derechos y la privacidad de los individuos y sus familiares.

Idealmente esta regulación debe ser desarrollada por expertos y en consulta con todas las partes involucradas, incluyendo los familiares de las personas desaparecidas y los defensores de derechos humanos. De esta manera, se podrá garantizar la transparencia, la equidad y el respeto a los derechos humanos en el uso de los análisis de ADN en la identificación de personas (48). Como hemos comentado a lo largo del artículo, en México la regulación de estos procedimientos sigue siendo una tarea pendiente.

Confiabilidad de los datos

La confiabilidad de los datos genéticos es un aspecto crítico al momento del intercambio. Datos incorrectos o inexactos pueden llevar a una identificación errónea o a la exclusión de una posible identidad. Una forma de garantizar la calidad de los datos genéticos, es a través de la acreditación de los laboratorios y la certificación de los peritos bajo normas nacionales e internacionales (49).

En México algunos laboratorios se encuentran acreditados por el *National Accreditation Board* (ANAB) o por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), otros están en proceso de recibir dichas acreditaciones, mientras que unos pocos no se encuentran acreditados. De acuerdo con la presente investigación, en las solicitudes enviadas a mediados del 2022, se identificó que las fiscalías de los estados de Veracruz, San Luis Potosí y Quintana Roo, no contaban con una acreditación.

Además, es probable que varios de los perfiles que se encuentran en las bases de datos actuales se hayan realizado antes de adquirir estas acreditaciones. Por lo tanto, la acreditación de un laboratorio a nivel local no garantiza necesariamente la calidad de todos los perfiles genéticos que contienen la base para el inicio de los cotejos nacionales.

Asimismo, los datos genéticos deben ser verificados y sometidos a un riguroso control de calidad antes de ingresar a una nueva base de datos. Errores humanos como la contaminación de muestras, el mal etiquetado, las duplicaciones y el procesamiento inadecuado son comunes y deben ser eliminados mediante filtros de verificación en el nivel local y al ingresar a la base centralizada (37,49). Esto requiere de personal especializado solamente para las tareas de verificación.

También, debe asegurarse que los intercambios de información sean trazables y estén adecuadamente documentados y registrados. La trazabilidad de los datos se refiere a la capacidad de seguir el recorrido de la información genética a lo largo de todo el proceso de identificación, desde la toma de las muestras hasta la comparación y análisis de los perfiles genéticos (49).

En el panorama actual, donde varias instituciones cuentan con bases de datos genéticos, la trazabilidad se convierte en un aspecto crítico para garantizar la responsabilidad y transparencia de todas las partes involucradas en el intercambio de datos. En este sentido, es necesario establecer normativas claras y específicas que establezcan los protocolos de registro, almacenamiento y acceso a la información genética.

Recursos e infraestructura

La obtención de un perfil genético puede resultar costosa, especialmente en casos de tejidos degradados donde los costos pueden aumentar significativamente. Incluso en el caso de que existan regulaciones que garanticen la confiabilidad y protección de los datos, la inversión económica necesaria para acondicionar el equipo técnico-científico en todos los estados para llevar a cabo los intercambios bajo los estándares requeridos es masiva.

No todos los estados tienen el recurso suficiente para el procesamiento de todas las muestras o, para adquirir un software sofisticado para el análisis de las muestras o, para el resguardo de un banco de muestras para posteriores análisis. La CNB ha mencionado en diferentes oportunidades los apoyos nacionales e internacionales recibidos (23), sin embargo, estos apoyos no contemplan la adecuación de las fiscalías locales.

En un país con recursos limitados para la operatividad de los diversos procesos que incluyen la identificación de un individuo, llama la atención que no haya una preocupación mayor de los actores involucrados para coordinarse y disminuir la duplicidad de esfuerzos. Esta situación podría comprenderse desde la desconfianza que han señalado los familiares y la CNB hacia la fiscalía, pero no resulta menos perjudicial para el avance de otras instancias en el proceso de identificación que también requieren recursos económicos.

Asimismo, y dado los altos costos que conlleva la identificación por métodos genéticos, este procedimiento no debería usarse como el primer método para reducir el número de posibles candidatos. El análisis de otras variables (por ejemplo, perfil biológico, huellas dactilares, información de investigación preliminar, entre otras.), así como características individualizantes (por ejemplo, tatuajes, traumatismos, documentos de identificación, prendas de vestir, entre otras), pueden eliminar la necesidad de un análisis de ADN, reducir el universo de búsqueda y minimizar el riesgo de una identificación errónea (30,50,51).

Uno de los aspectos que llama la atención en el contexto de la heterogeneidad de sistemas de almacenamiento, cotejo y análisis, es la falta de claridad en la adquisición de ciertos softwares o bases de datos por parte de

algunos estados en el país. ¿Qué razones han motivado a los estados a tomar decisiones en cuanto a la adquisición de una base de datos en particular? ¿Dependen estas decisiones de donaciones, contratos a largo plazo con las compañías, entre otros factores? La heterogeneidad en este aspecto plantea interrogantes importantes sobre las garantías de transparencia y equidad en la utilización de estas herramientas.

Consideraciones finales

El panorama de la heterogeneidad de herramientas de almacenamiento, cotejo y análisis de perfiles genéticos en México es ciertamente complejo y representa un gran desafío para el intercambio de información genética a nivel nacional y en tiempo real. Además, la falta de transparencia en cuanto a cómo se llevará a cabo el intercambio entre instituciones y qué estrategia se seguirá —ya sea la del Banco Nacional de Datos Forenses o la propuesta por la Comisión Nacional de Búsqueda— agrega aún más dificultad a la situación.

Es crucial que se establezca un marco normativo detallado y eficiente para el intercambio de información genética, a fin de que los esfuerzos de identificación de personas desaparecidas en México sean más efectivos y las familias puedan acceder a sus derechos de verdad, justicia y reparación. Adicionalmente, un marco normativo adecuado garantizaría la protección de los datos genéticos y la privacidad de las personas involucradas en los procesos de identificación, evitando su mal uso o su divulgación indebida.

También, es fundamental que las instituciones encargadas de la búsqueda e identificación de personas desaparecidas en México sean transparentes en cuanto a la gestión de los datos que manejan. En particular, las familias de las víctimas de desaparición tienen derecho a conocer los procedimientos utilizados en el tratamiento de sus datos y los resultados obtenidos. Esto permitirá una evaluación adecuada de si los esfuerzos realizados, incluyendo una estrategia que implica una gran inversión económica como lo es la genética forense, están teniendo resultados efectivos.

De manera general, ambas rondas de solicitudes de información demostraron que la mayoría de las instituciones encargadas de la búsqueda e identificación de personas desaparecidas en México se encuentran en disposición de responder a las preguntas realizadas; sin embargo, hubo casos en donde no hubo respuesta, se proporcionó información confusa, o incluso, que de manera explícita no se obtuvo la información solicitada.

Un ejemplo de lo anterior es la Fiscalía General de la República, que en la última solicitud se amparó en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LFTAIP) para no proporcionar información en las preguntas 1 y 2 del cuestionario, argumentando que su divulgación compromete la seguridad pública. Esta situación es preocupante, ya que evidencia la ineficacia

en los procesos de rendición de cuentas y transparencia, pilares fundamentales para garantizar la confianza de la ciudadanía en el Estado y sus instituciones.

Aunque México ha implementado una plataforma política y dispone de presupuesto tanto del Estado como de la cooperación internacional para fortalecer los procesos de búsqueda e identificación, se requiere una coordinación efectiva y transparente en el uso de los recursos económicos para garantizar resultados significativos en los procesos de identificación que las familias esperan.

Una gestión adecuada de los recursos humanos y económicos permitiría una búsqueda más eficiente y sistemática, así como la implementación de tecnologías y protocolos actualizados, que permitan y fomenten el acceso a los derechos de justicia, verdad, reparación y garantías de no repetición de las miles de víctimas directas e indirectas de la crisis forense en el país.

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a los revisores del manuscrito, por sus comentarios y recomendaciones, las cuales enriquecieron significativamente el trabajo publicado. Asimismo, agradecemos a las fiscalías estatales, la Fiscalía General de la República, la Comisión Nacional de Búsqueda y a los Centros Regionales de Identificación por sus respuestas a través de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT).

Expresamos nuestro agradecimiento a la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ), en particular al proyecto de Fortalecimiento del Estado de Derecho en México II (FED), por proporcionarnos la oportunidad de discutir y visibilizar la problemática. Es importante señalar que la información preliminar de este artículo fue recibida durante nuestra participación en dicho proyecto, por lo que valoramos profundamente el apoyo brindado por la GIZ-FED. Por último, deseamos expresar nuestra gratitud al practicante Joshua Eli Gutiérrez Bravo por su labor de recuperación de información durante la fase preliminar.

Información suplementaria

Información suplementaria S1. Cuestionario enviado al Sistema de Solicitudes de Información (INFOMEX) en la página web de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) en el periodo de enero-julio 2022.

Información suplementaria S2. Cuestionario enviado al Sistema de Solicitudes de Información (INFOMEX) en la página web de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) en el periodo de enero-marzo 2023.

Bibliografía

- Villavicencio A., Guardado M. El estado del arte de la genética forense en México. En: García Z, Bravo-Gómez M, editores. El estado del arte de las ciencias forense en México. 1a ed. Ciudad de México: Tirant lo Blanch; 2017; 231-42.
- Arenas M, Pereira F, Oliveira M, Pinto N, Lopes A.M, Gomes V, Carracedo A, Amorim A. Forensic genetics and genomics: Much more than just a human affair. Crandall KA, editor. PLOS Genetics. 2017; 13(9):e1006960. doi: 10.1371/journal.pgen.1006960
- Carracedo A. Forensic Genetics: History. En: Encyclopedia of Forensic Sciences. Elsevier. 2013; 206-10. doi: 10.1016/B978-0-12-382165-2.00037-4
- Jeffreys A.J, Wilson V, Thein S.L. Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. Nature. 1985; 316(6023):76-9. doi: 10.1038/316076a0
- Vázquez S, Guardado M. El ADN mitocondrial: una alternativa útil para la identificación forense. identificacionhumana.mx. 2021.
- Torres G., López M, Villavicencio A. Análisis del DNA y su importancia en la crisis forense de identificación de cadáveres desconocidos. identificacionhumana.mx. 2022.
- Mestres F, Vives-Rego J. Bancos y bases de datos genéticos para usos forenses. Revista Poder Judicial. 2009.
- Weiler NE, Kirschner M, Rolf B. EMPOP-A forensic mtDNA database. Forensic science international. 2012;222(1-3):147-9. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.07.015. PMID: 22925972
- Boehm, B.W. Software Engineering: A Definition and Analysis. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 28- 38, April 1975. doi: 10.1109/TSE.1975.6312859.
- Sawaguchi T, Brenner CH, Sawaguchi A. Application of DNA•VIEW & PATER to a kinship paternity case. Rom J Leg Med. 1998;6(1):66-70
- Struyf, Pia, De Moor, S, Vandeviver, C, Renard, B, Vander Beken, T. The effectiveness of DNA databases in relation to their purpose and content: A systematic review. Forensic Science International. 2019; 301: 371–381. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.05.052
- Patrick, P.J.M.H, Renard Bertrand, Jeuniaux, Leen Dubocage, Séverine Steuve, Caroline Stappers, Inès Gallala, Sabine De Moor, Alexia Jonckheere, Benjamin Mine, Beatrijs Vanhooydonck, Morgane Kempnaers, Christine De Greef, Pierre Van Renterghem y Vanessa Vanvooren. Managing forensic DNA records in a divided world: the Belgian case. Records Management Journal. 2015; 25(3):269-287. doi: 10.1108/RMJ-05-2015-0018
- Procuraduría General de la República. Informe de rendición de cuentas de la administración pública federal. 2000-2006. México; 2006.
- Plan Nacional de Desarrollo. 6° Informe de ejecución del PND 2001-2006 Apartado procuración de justicia. México; 2006.
- Congreso del Estado de Chihuahua. Ley reguladora de la base de datos genéticos para el Estado de Chihuahua. Mexico; 2009.
- Fiscalía General de la República. Establecen PGR, INE y CONATRIIB mecanismo conjunto para la identificación de personas desaparecidas. México; 2016.
- Procuraduría General de la República. 6to Informe de labores (2017-2018). México; 2013.
- Sistema Nacional de Seguridad Pública. Acuerdos aprobados por el Consejo Nacional de Seguridad Pública en su Trigésima Tercera Sesión. México; 2012.
- Procuraduría General de la República. Protocolo para el Tratamiento e Identificación Forense. México; 2015.
- Ley General en Materia de Desaparición Forzada de Personas, Desaparición Cometida por Particulares y del Sistema Nacional de Búsqueda de Personas. Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos; 17 de noviembre de 2017.
- Centro de Derechos Humanos Miguel Agustín Pro Juárez A.C. CentroProh. Comunicado de Prensa: Poder Judicial revisará incumplimiento de FGR ante el rezago forense. 15 de marzo 2023.
- Tzuc, Efraín. Juez ordena a la FGR crear un Banco de Datos Forense en 40 días. [Internet] ZonaDocs, 24 de octubre 2022.
- Comisión Interamericana de Derechos Humanos. Avances y retos en la búsqueda forense en México. [Internet] Audiencia Pública 186, 6 al 10 de marzo de 2023.
- INMEGEN. Se inaugura el Laboratorio de identificación humana en el Instituto Nacional de Medicina Genómica. [Internet] Noticias INMEGEN 1 de febrero de 2023.
- D. Cash H, J. Hennessey M. Human Identification Software for Missing Persons, Scalable for a Mass Fatality Incident: Building on Lessons Learned Over the Course of a Major Disaster Victim Identification Project. 2004.
- Rapid DNA Matching at Global Scale | SmallPond. smallpondllc.com.
- Digimed, Sistemas para laboratorios. www.digimed.mx.
- Hedman J, Albinsson L, Ansell C, Tapper H, Hansson O, Holgersson S, et al. A fast analysis system for forensic DNA reference samples. Forensic Sci Int Genet. 2008 Jun;2(3):184–9. doi: 10.1016/j.fsigen.2007.12.011
- FAMILIAS: Software for analysis, customization and storage of mitochondrial DNA haplogroup profiles." Familias.
- Salado Puerto M, Abboud D, Baraybar JP, Carracedo A, Fonseca S, Goodwin W, et al. The search process: Integrating the investigation and identification of missing and unidentified persons. Forensic Science International: Synergy. 2021;3:100154. doi: 10.1016/j.fsisyn.2021.100154
- Yezka Garza Ramírez. Centro de Identificación Humana en Coahuila. www.youtube.com. 2021
- Karla Quintana Osuna. Identificación masiva en Méxic. www.youtube.com. 2021
- Triverio, Silvia Cristina, Crespillo Márquez, Manuel. La necesidad del intercambio transfronterizo de datos genéticos con fines de investigación criminal en América Latina: retos para su implementación. Revista Española de Medicina Legal. 2022; 48 (4): 158-165. doi: 10.1016/j.reml.2022.03.001.
- Da Silva Junior, Ronaldo C, Laryssa S.A. Bezerra, Cecília H.F. Matte, Selma L.S. Sales, Elza C.L. Oliveira, Laiana S. Beltrami, Bruno D.S. Morais, Vivian Altmann, Patrick B. Mallmann, Ethienne T. Figueiredo, Marcelo P. Mendes, Aline C. Minervino, Guilherme S. Jacques, Helena F. Monteiro, Christiane P. Cutrim, João C.L. Ambrósio. DNA databases as a tool to improve the search for missing persons in Brazil. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 2022; 8:167-169. doi: 10.1016/j.fsigss.2022.10.023.
- Budowle, Bruce, Bieber, Frederick, Eisenberg, Arthur. Forensic Aspects of Mass Disasters: Strategic Considerations for DNA-Based Human Identification. Legal medicine 2005; 7: 230-243. doi: 10.1016/j.legalmed.2005.01.001.
- Bradley Adams, Julia Warnke-Sommer, Jennifer Odien, Angela Soler. Victim identification and body completeness based on last known location at the World Trade Center. Forensic Science International. 2022; 340:111440. doi:10.1016/j.forsciint.2022.111440.
- Hennessey, Michael. Best practices in the development and effective use of a forensic DNA database for identification of missing persons and unidentified human remains. En: Angie Ambers, editor. Forensic Genetic Approaches for Identification of Human Skeletal Remains: Challenges, Best Practices and Emerging Technologies. Academic Press, Elsevier: Londres, 2023, p 379-397.
- Borovko, Sergey R, Korban Viktoryia V, Kritskaya, Svetlana V, Yeumenenka, Syargey A. Missing People: Problems of Identification of Unknown Bodies Using DNA Database. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 2009; 2(1):260-262. doi: 10.1016/j.fsigss.2009.08.123.
- Gill, P, Fereday, L, Morling, N, Schneider, P. M. The evolution of DNA databases. Recommendations for new European STR loci. Forensic Science International. 2006; 156(2-3): 242–244. doi:10.1016/j.forsciint.2005.05.036.
- Congreso de la Ciudad de México, I Legislatura. Ley por la que se crea el Banco de ADN para uso forense en la Ciudad de México. México; 2019.
- Gobierno de Jalisco. Ley que regula el registro de perfil genético para uso forense del Estado de Jalisco. Mexico; 2021.

42. Diario Oficial de la Federación. ACUERDO SNBP/001/2022 por el que el Sistema Nacional de Búsqueda de Personas aprueba los Lineamientos del Mecanismo de Apoyo Exterior de Búsqueda e Investigación. Mexico; 2022.
43. Da Silva Junior, R.C, Wirz, L. N, Solares Reyes, E, Del Moral Stevenel, M. A. Development of DNA databases in Latin America. *Forensic science international*. 2020; 316:110540. doi.10.1016/j.forsciint.2020.110540.
44. García-Castillo, Zoraida, López-Olvera, Carmen Patricia , López-Escobedo, Fernanda, Villavicencio-Queijeiro, Alexa, Loyzance, Chantal, Castillo-Alanís, Alejandra, Suzuri-Hernández, Luis Jiro. Elementos técnicos y racionales para la valoración de la confiabilidad de la prueba científica: referencia a tres áreas de la Ciencia Forense. *Insomnia - Revista de Teoría y Filosofía del Derecho*. 2020; 53:31-69. doi.10.5347/isonomia.v0i53.302.
45. Brena, Ingrid. Ley de Biobanco de ADN para Uso Forense de la Ciudad de México ¿Cumple con principios jurídicos? Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México. 2020.
46. Escuela Nacional de Ciencias Forenses. Conversatorio sobre la ley por la que se crea el Banco de ADN para uso forense de la Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México [Internet]. www.youtube.com. 2020.
47. Mónaco Felipe, Paula, Selene Pérez, Wendy. Investigación Especial. Traficantes de AND. *Aristegui Noticias*, 12 de diciembre 2021.
48. Parker, L. S, London, A. J, Aronson, J. D. Incidental findings in the use of DNA to identify human remains: An ethical assessment. *Forensic Science International: Genetics*. 2013; 7(2), 221–229.doi:10.1016/j.fsigen.2012.10.0.
49. Thompson, William C., *Forensic DNA Evidence: The Myth of Infallibility* (July 1, 2012). En: Sheldon Krinsky, Jeremy Gruber, editores. *Genetic Explanations: Sense and Nonsense*. Harvard University Press. 2013, p 227-337.
50. Equipo Mexicano de Antropología Forense (EMAF). La importancia del proceso de investigación forense en casos de desaparición forzada. México: Creative Commons; 2015.
51. García Deister, Vivette. Bases de datos genéticos: ¿mercancías o infraestructuras forenses?. México: ESTEPAIS; febrero 2022.



ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN/ DIFUSIÓN

Los diez temas apremiantes para la fotografía forense en México

Gabriela Ochoa Rivera¹, Bruno Enrique Ramírez Ornelas¹, Vicente Torres Zúñiga^{1*}

Adscripción:

¹Licenciatura en Ciencia Forense, Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México.

*vicentz@gmail.com

Datos del artículo

Cita: Ochoa Rivera Gabriela, Ramírez Ornelas Bruno Enrique, Torres Zúñiga Vicente. 2023. Los diez temas apremiantes para la fotografía forense en México. Artículo de difusión/divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1): 82-86 pp.

Editor: Mirsha Quinto-Sanchez

Recibido: 13 diciembre 2022.

Aceptado: 29 marzo 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Enmarcado en las actividades del primer Seminario de Medios Digitales Forenses, de modo sucinto se presentan los diez acuerdos principales que necesitan tratarse sobre la especialidad de fotografía forense. Aunque este documento no es vinculante de algún compromiso formal, sí es un testigo documental del compromiso de los profesionales que participaron en la reunión. En la búsqueda de puntos comunes se identificaron diez temas que urge atender por la comunidad académica y operativa forense: 1) aumentar la literatura de la especialidad, 2) revisión del perfil profesional, 3) definir raseros factibles sobre los productos obtenidos, 4) dignificación de la profesión, 5) criterios de las características mínimas de los equipos y 6) accesorios fotográficos, 7) establecimiento de buenas prácticas e inclusión del avance tecnológico, 8) acciones adecuadas para la gestión de la información digital, 9) consensuar procedimientos en la relación narrativa y documentación fotográfica de los objetos de estudio y 10) el fomento a la ética profesional. Pese a que existan otros temas imperiosos, los aquí presentados son los que primero se necesitan entender en el contexto de México, de acuerdo con más de 20 personas especialistas en torno a la fotografía forense.

Palabras clave: fotografía forense, comunidad, seminario, buenas prácticas, medios digitales.

Abstract

Framed within the activities of the first Forensic Digital Media Seminar, the ten main agreements that need to be addressed in the specialty of forensic photography are briefly presented. Although this document is not binding to any formal commitment, it is a documentary witness of the commitment of the professionals who participated in the meeting. In the search for common points, ten issues were identified that urgently need to be addressed by the forensic academic and operational community: 1) increasing the specialty literature, 2) review of the professional profile, 3) defining standards for the products obtained, 4) dignification of the profession, 5) criteria of the requirements to photographic equipment and 6) accessories, 7) establishment of good practices and inclusion of technological progress, 8) adequate actions for the management of digital information, 9) agreements on procedures in the narrative relationship and photographic documentation of the objects of study and 10) the promotion of professional ethics. Although there are other compelling issues, the ones presented here are the principal that needs to be understood first in the context of Mexico, according to more than 20 specialists in forensic photography.

Key words: forensic photography, community, seminar, good practices, digital media.

Introducción

La actividad que no se evalúa, no puede progresar. Y lo que no progresa, terminará por envilecerse. En la doctrina de la mejora de calidad continua es esencial la rutina de identificar aspectos susceptibles a perfeccionarse y establecer ajustes que pueden implicar el esfuerzo de toda una comunidad (1). La adopción de esta práctica les ha permitido a empresas privadas, instituciones públicas, gremios y otras entidades sobrevivir a crisis y hasta prosperar (2). Por supuesto, las especialidades forenses también pueden desarrollarse, pero requieren espacios de evaluación y reflexión de su quehacer. Por ello, muchos especialistas se asocian, se reúnen en congresos o en seminarios para intercambiar opiniones, conocimientos y crear vínculos que fortalezcan sus carreras profesionales y especialidades.

En México, el caso de la fotografía aplicada en temas de interés forense es *sui generis*. Mediante teléfonos inteligentes, cámaras de seguridad (tanto privadas como públicas), dispositivos que portan policías, personal de auxilio y medios de comunicación es como se registra una enorme cantidad de hechos de interés forense. Asimismo, muchas especialidades forenses se apoyan en fotografías para documentar su importante labor. Disciplinas tales como la odontología forense (3), la medicina forense (4), la lofoscopia (5), la grafoscopia y el análisis de documentos cuestionados (6), y en especial, la criminalística de campo (7) dependen de la documentación fotográfica para probar visualmente sus hallazgos y el correcto desarrollo de sus procesos, a través de las imágenes fotográficas responden gráficamente a las preguntas de investigación, dotando a la indagatoria de información única en su tipo.

Nunca antes en la historia humana, la fotografía fue tan protagónica y útil para fundar los hechos. Es innegable el gran impacto que tienen las imágenes en el órgano juzgador al ponderar un caso de interés forense. A pesar de ello y debido a una barrera más de orden cultural que de carácter técnico, científico o tecnológico, el uso de fotografías digitales sigue siendo un tabú. Un halo de desconfianza les envuelve con el argumento, cada vez menos sólido, de la facilidad con que es posible alterarlas después de ingresar al proceso

de investigación forense. Por otro lado, el avance tecnológico se ha materializado en sistemas de registro y procesamiento más económicos, además de cómodos de utilizar, que ha significado en la popularización de imágenes periodísticas, satíricas y de arte; pero que a la vez inspiran desconfianza sobre la verosimilitud con la cual representan la realidad (8).

Por tales razones resulta urgente que especialistas y líderes del campo se congreguen con el fin de alcanzar acuerdos de colaboración y definir puntos comunes de trabajo. Hasta nuestro conocimiento, han sido escasas las reuniones académicas en fotografía forense donde sus especialistas (representando a sus instituciones) expresan los temas más urgentes a atender; aún menos, son los documentos públicos que comparten sucintamente la experiencia. El presente texto pretende precisar las conclusiones alcanzadas en la primera reunión del Seminario de Medios Digitales Forenses: “Retos y oportunidades de la fotografía forense en México: Hacia una agenda de buenas prácticas”; realizada en la Licenciatura en Ciencia Forense (LCF) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el 23 de agosto del año 2022, que contó con la participación de más de 20 especialistas del área. A la vez, también pretende ser una invitación para que otros profesionales se unan a este esfuerzo por la mejora de la especialidad, sus condiciones de trabajo y sus resultados en la corte.

Conformación de la reunión

Conectados por medio de la plataforma Zoom y presencialmente, se reunieron 21 especialistas en fotografía forense, quienes acudieron a la convocatoria de definir, con un tiempo máximo de 15 minutos, el tema más urgente que permita homogeneizar criterios y buenas prácticas en el quehacer de la fotografía forense.

Entre los ponentes se encontraron: Ricardo Ramírez Fuentes, director de especialidades criminalísticas de la Fiscalía General de la República; Héctor Hawley Morelos, perito en criminalística de la Fiscalía del Estado de Chihuahua; David Israel Pineda Hernández y Eduardo Dávila Sánchez, peritos de la Coordinación de Servicios Periciales y Ciencias Forenses de la Secretaría de la Defensa Nacional; Luz Adriana Padilla Quevedo, perita en fotografía de la

Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México (FGJCDMX) adscrita al Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México C5; Gabriela Ochoa Rivera, perita de la lista del Poder Judicial de la Federación y profesora de la Licenciatura en Ciencia Forense UNAM; Javier Antonio Peña Rodríguez, perito en fotografía forense del Estado de Morelos; Juan José Medina Torres, perito en fotografía de la Fiscalía General de la República; René Martín Andraca Cervantes, perito médico del Servicio Médico Forense del Estado de Guerrero; Gastón Narcotti Subcomisario de la Policía de Entre Ríos, Paraná Argentina; Marco Antonio Guzmán Soto, perito del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco; Leobardo Rodríguez González, director de Fotointelident; Karina Castro Martínez y Vanessa Espinosa de la Rosa, analistas forenses de la Agencia de Investigación Criminal, Fiscalía General de la República; Bruno Enrique Ramírez Ornelas, director de la empresa IDTeam y profesor de la Licenciatura en Ciencia Forense UNAM; y Vicente Torres Zúñiga, académico de tiempo completo de la Licenciatura en Ciencia Forense UNAM.

La reunión se extendió por tres horas y su formato en video se encuentra disponible al público a través de la plataforma YouTube (9): <https://youtu.be/u2wXNBq4NM>

Si bien, en esta ocasión, no se reunió la mayoría de profesionales de la fotografía forense en México, sí se congregaron representantes institucionales, de modo que sus opiniones pueden representar aspectos significativos del estado actual de esta especialidad en la nación.

Coincidencias puntualizadas

A continuación, se expone la síntesis de las opiniones referidas sobre qué medidas se necesitan para mejorar el entorno de la especialidad de fotografía forense. Expresiones sobre otros temas, aunque valiosas, en este documento no se presentan.

La tendencia es que las periciales se fortalecen cada vez más en imágenes para brindar información contextual. Más que ilustraciones son medios para ahondar en los hechos y documentar la investigación. Dentro de la gran variedad en el tipo de imágenes,

aquellas obtenidas por medio de cámaras fotográficas digitales presentan un rol importante, pues permiten documentar indicios específicos. Estos instrumentos son utilizados por personas expertas del ámbito forense, como se mencionó en párrafos anteriores, y en concreto por peritos especialistas en fotografía.

El desarrollo tecnológico ha permitido la obtención masiva de equipos, permitiendo que, incluso, usuarios inexpertos obtengan fotografías de calidad aceptable. Sin embargo, la variedad de situaciones y materiales que necesitan fotografiarse en la investigación pericial rebasa el convencionalismo de los sistemas automatizados, por lo que se necesita que una persona experta opere equipos adecuados para obtener imágenes de la calidad idónea necesaria.

De este modo, pese a que existe una clara tendencia a que los especialistas de distintas áreas periciales, como las ya mencionadas en la introducción de este texto, realicen sus propias imágenes fotográficas apoyados en las prestaciones que brinda hoy la tecnología, no es en absoluto recomendable eliminar la figura del perito en fotografía forense, pues otros perfiles profesionales requerirán un mayor entrenamiento y capacitación para apropiarse adecuadamente de las tareas especializadas que requiere la fotografía, aun cuando se aplica en un campo determinado. En su lugar, se precisa formación alrededor de cultura visual y técnica fotográfica, entre otros valores altamente deseables en quien documenta fotográficamente una investigación forense. Además, es necesario fortalecer el adiestramiento y aprendizaje en temas de orden criminalístico. Por ejemplo, un fotógrafo, aunque no es un médico, debe saber identificar ciertos tipos de lesiones en el cuerpo humano; aunque esa persona no sea un especialista en balística, debe saber diferenciar una bala de un casquillo, entre otras situaciones.

Si bien la formación y capacitación directa de los profesionales es una prioridad, también lo es la construcción de materiales didácticos y de investigación en la materia. Encontramos acuerdo en que se necesitan medios de información escritos y multimedia que transmitan las tendencias y mejores prácticas sugeridas en la especialidad. Si bien existe algo de literatura internacional relacionada al tema, es muy escasa la que se contextualiza en las características de México y su población.

La elaboración de tales productos académicos permitirá facilitar los trabajos que tienden a la homologación en los criterios de elaboración de dictámenes, informes, anexos y secuencias fotográficas que se requieran. Es decir, seguir métodos y aplicar técnicas que aseguren la correcta manipulación de los equipos para obtener fotografías claras, nítidas y exactas. Así también como las buenas prácticas en el registro de archivos con formatos que eviten la degradación por compresión y supresión de datos (por ejemplo, en la configuración de datos “crudos”, en inglés RAW), la utilización de algoritmos que aseguren la trazabilidad de las imágenes digitales mediante cadenas alfanuméricas (verbigracia, hashes) y la entrega correcta de medios de almacenamiento fotográfico; entre otras acciones recomendables. Si bien en este trabajo particular no se abunda en soluciones pragmáticas, si se pretende señalar los temas que en contribuciones futuras aborden propuestas a resolver tales problemas. Estos empeños fructificarán en una mejor formación, reclutamiento, evaluación de las personas expertas por las instituciones, y en consecuencia en un mejor desahogo de la prueba pericial en tribunales. En efecto, si no se resuelve lo esencial, no se puede avanzar.

A pesar de que varios temas requieren más investigación y consenso, en este primer simposio se observó que ciertos temas necesitan exponerse pronto en este espacio. Algunos son la adquisición y calibración de equipos junto con sus accesorios, mejores prácticas en la colocación de señaladores y testigos métricos, las ventajas de la documentación y estudio de los metadatos; en especial la metodología de la fotografía forense que implica la lectura del problema a resolver, la comprensión de la dificultad y naturaleza del indicio a fotografiar y las acciones que permitan mostrar de modo adecuado las imágenes. De modo que se logren articular argumentos sobre qué sí muestran las imágenes y lo que no se puede observar. Todo esto sin soslayar el uso de las tecnologías más innovadoras para enriquecer y vincular el área con otras especialidades.

Los diez temas principales

A manera de desglose, los diez temas que se acordaron y que forman parte de la agenda que compondrá las actividades del Seminario fueron:

1. La falta de literatura especializada en la materia, vigente y en nuestro idioma, hace urgente la participación del gremio en el desarrollo de material actual acorde a nuestra realidad.
2. Es preciso revisar el perfil profesional del fotógrafo forense, con el fin de fortalecerlo y dignificarlo. Así como promover que los cursos y actividades de capacitación en la materia sean congruentes con el estado del arte y se encuentren armonizados en lo general con los perfiles de ingreso y evaluación de competencias de la materia en las distintas instituciones de justicia.
3. Es necesario definir criterios que permitan ponderar o evaluar los resultados obtenidos con los modos automatizados de la cámara de forma supletoria al conocimiento técnico especializado, de cara a lo que puede estar constituyendo una mala práctica.
4. La utilidad de la fotografía forense va más allá de un beneficio meramente ilustrativo pues dota a la investigación con un tipo de información única, que se vuelve relevante tanto por su carácter connotativo como denotativo; es decir, el acto fotográfico en el quehacer forense se vuelve trascendental por lo que muestra, pero también por lo que significa en el contexto de investigación. Por lo que afirma, pero también por quién lo dice. Así, es necesario fortalecer en el personal pericial de la materia la conciencia respecto a lo crucial e importante de su labor en el éxito de una investigación.
5. Más allá de las cuestiones presupuestales de cada institución, el equipo fotográfico con el que se desarrolla la actividad debe contar con una serie de atributos o prestaciones mínimas que aseguren resultados aceptables. Por ello es preciso realizar cada cierto tiempo una revisión de los instrumentos y tecnología actuales para, en consenso, acordar su vigencia, obsolescencia y pertinencia.
6. Por otra parte, al ser el proceso fotográfico digital susceptible de estandarización, es preciso promover que como buena práctica se continúe con la impresión física de la información y que sus instrumentos se encuentren debidamente calibrados para garantizar la calidad e integridad de la imagen.
7. Debido al avance tecnológico, hoy la mayoría de las instituciones de justicia han migrado al

sistema fotográfico digital, por lo que se acepta la prevalencia de la generación de información digital por encima del proceso fotoquímico, lo que precisa con urgencia la definición consensuada de criterios homologados que garanticen las buenas prácticas; actualmente se realizan prácticas supletorias como proporcionar información mediante cadena de custodia tradicional, pero también prácticas que comprometen su integridad. Tales como entregar una tarjeta de memoria digital segura (por sus siglas en inglés, SD) sin mayor procesamiento, la gran mayoría no disparan en RAW, y tampoco realizan el perfil hash.

8. Por lo anterior y debido a la suspicacia respecto a la alteración de imágenes fotográficas digitales, es urgente definir criterios y procesos válidos en la gestión de la información digital que brinde certeza sobre su integridad.
9. La diversidad de formas de proceder, así como la existencia meramente tácita de ciertos criterios o directrices, por cierto, poco claras, definidas y sustentadas en el abordaje del lugar en lo que hace a la documentación fotográfica, hace patente la necesidad de consensuar un procedimiento general respecto al orden y forma de la narrativa visual, uso de señalética entre otros rubros.
10. Por último, pero no menos importante, es necesario promover la ética en la labor del fotógrafo forense, en total armonía con la perspectiva más contemporánea del respeto a los derechos humanos.

Consideraciones finales

Este seminario pretende el fortalecimiento, profesionalización y dignificación de quienes se dedican a los medios digitales en el campo forense, por lo que fomenta a sus participantes a encontrar las vías para desarrollarse y colaborar en proyectos de investigación y difusión. Aunque no se firmaron compromisos formales, el ímpetu por colaborar se manifestó. Sirva este documento para juzgar en el futuro si se lograron las metas.

Bibliografía

1. Ilzarbe Izquierdo L., Mateo Dueñas R., Sangüesa Sánchez M. Teoría y práctica de la calidad. 2nd ed.: Paraninfo; 2019.
2. Rajadell M. Creatividad, emprendimiento y mejora continua: Emprendimiento y mejora continua: Reverté; 2019.
3. Abian DV. Aplicación de la fotografía en la odontología forense. Gaceta internacional de ciencias forenses. 2019; 37: p. 3-34.
4. Edirisinghe PAS, Kitulwatte IDG, Nadeera DR. Knowledge, attitude and practice regarding the use of digital photographs in the examination of the dead and living among doctors practicing forensic medicine in Sri Lanka. Journal of Forensic and Legal Medicine. 2020; 73(101995).
5. Pitts R, Wei M, Yu J, Rairden A. Empirical comparison of DSLRs and smartphone cameras for latent prints photography. Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science. 2021; 3(1): p. e1391.
6. Gilmour PM. The application of photography in investigating fraud. The Imaging Science Journal. 2019; 67(4): p. 215-223.
7. Fatima F. Forensic photography: a visual and legal record of crime scene. International Journal for Electronic Crime Investigation. 2019; 3(2): p. 1-10.
8. León-Mendoza R. La imagen como forma de (des) conocimiento en la era del deepfake. NIAV-Revista de Investigación en Artes Visuales. 2022; 11: p. 53-70.
9. Torres V. Inauguración del Seminario de Medios Digitales Forenses.; 2022 [revisado el 2022 dic 8. Disponible en: <https://youtu.be/u2wXNBQ4NM>].

La primera perito de balística forense en México

Roberto Carlos Hernández Corona^{1,2*}

Adscripción:

¹Fiscalía General de la República

²Profesor de la Escuela Nacional de Ciencias Forenses

* lic.robertocarlos@yahoo.com.mx

Datos del artículo

Cita: Hernández Corona Roberto Carlos. 2023. La primera perito de balística forense en México. Artículo de difusión/divulgación. Revista Digital de Ciencia Forense. 2(1): 87-95 pp.

Editor: Anahy Rodríguez González

Recibido: 6 enero 2023.

Aceptado: 3 marzo 2023.

Publicado: 24 abril 2023.

Resumen

Debido a la creencia de que para desempeñarse como perito en balística forense debía ser hombre, la mujer ha tenido que demostrar que presenta las mismas cualidades que ellos. La primera perito de balística forense en México, es un ejemplo; a través de la entrevista nos comparte sus aportaciones como la creación de un laboratorio de balística forense en su estado de donde es originaria; así como la primera base de datos en la República Mexicana para relacionar casos criminales a través de fotografías de casquillos.

Palabras clave: entrevista, perito, balística forense, género, igualdad.

Abstract

The professional career of expert Ireyda Alicia Paredes Leyva refutes the belief that only men can be ballistics experts. Through an interview, we highlight some of her contributions to the specialty: the foundation of a forensic ballistics laboratory in the state of Sinaloa, Mexico; the construction of the first database in the Mexican Republic to link criminal cases through photographs of casings; as well as to be the first female expert in forensic ballistics in our country and a pioneer in Ibero-America.

Key words: interview, expert, forensic ballistics, gender, equality

Antecedentes

Es común que los seres humanos en algún momento de la vida hemos lanzado proyectiles de todo tipo como piedras, balones, pelotas, flechas, balas, entre otros, de lo anterior se desprende la siguiente pregunta obligatoria ¿qué es un proyectil?, para ello, lo explica de manera sencilla el reconocido profesor de física Tippens en su definición: “Un objeto que es lanzado al espacio sin fuerza de propulsión propia recibe el nombre de proyectil” (1), es decir, un proyectil es cualquier objeto que sea susceptible de ser lanzado mediante una fuerza, pero que sin embargo, quedaran fuera de la definición aquellos que cuenten con una fuerza de autopropulsión, como pudiera ser un cohete o misil que llevan su propia carga para propulsarlos hasta el blanco.

En cuanto a la balística; la define el perito en balística Silveyra, como: “rama de la física aplicada que se ocupa del estudio del movimiento de los proyectiles en general” (2), es de resaltar que en su definición encontramos dos elementos esenciales; el primero de ellos, es involucrar a una ciencia que establece leyes para explicar fenómenos naturales y segundo incluir el movimiento de cualquier tipo de proyectil; luego entonces, podemos definir a la balística como “la ciencia que se encarga del estudio del comportamiento que produce cualquier tipo de proyectil en todos los medios que interactúe”.

Así también, no se tiene registro con exactitud de cuando y donde surgió la balística como ciencia, siendo diferente para la disciplina de la balística forense, pues existieron personajes que vieron la aplicación de la balística con resultados positivos en la resolución de casos criminales, así surgió la disciplina de la balística forense; como lo señala el Dr. Moreno González: “Henry Goodard (1835), Alejandro Lacassagne (1889), Paúl Jaseride (1835) y Victor Balthazard figuran como los iniciadores de esta disciplina” (3). Podemos advertir que es relativamente reciente en comparación de la balística, que se tiene registro que ya en el año 400 a.C, Arquímedes de Siracusa dejó un precedente al encontrar la manera de lanzar grandes piedras y otros objetos a fortificaciones para mantenerlas en asedio por meses utilizando la catapulta; posteriormente siguió la evolución de la historia de la humanidad en la cual, se modernizaron las máquinas para lanzar proyectiles,

estos últimos, también mejoraron su fabricación con la más alta tecnología.

Para este caso en particular la balística forense como disciplina, es la que nos interesa, de acuerdo con el Mayor Bringas de materiales de guerra, la define como: “la que estudia todas las ramas de la balística en todos los hechos delictuosos que son tratados en los juzgados” (4), de manera acertada, esta disciplina se encarga del estudio de los fenómenos que producen los proyectiles en todas las ramas de la balística forense, proporcionando respuestas técnicas científicas, para auxiliar a los órganos encargados de procurar justicia.

Es de resaltar que los proyectiles a los que se enfoca la balística forense y que juegan un papel preponderantemente importante en esta disciplina, son las “balas” en todos sus diseños, tipos y material de fabricación, teniendo elementos para poder afirmar que “todas las balas se consideran proyectiles, pero no todos los proyectiles deben ser considerados como balas”.

Los proyectiles (balas) deben considerárseles el centro de estudio, donde todos los demás elementos deben girar en torno a estos; como por ejemplo las armas de fuego, casquillos, pólvoras, capsulas detonantes, entre otros; es decir, los proyectiles dependiendo la rama interna, externa o de efectos en que se encuentren, deberán interactuar con alguno de los siguientes elementos:

- a. Proyectil – con la máquina o artefacto para lanzar (arma de fuego, artefacto para lanzamiento de granadas, etc.);
- b. Proyectil – con fluido donde se desplace (agua, aire, gel, etc.);
- c. Proyectil – con blanco de cualquier naturaleza que se trate (lámina, vidrio, cuerpo humano, muros, madera, blindaje etc.).

Es el personal de balística forense, es el indicado para el realizar estudios y análisis para dar respuesta científica a cualquier cuestionamiento que se relacione con el comportamiento de los proyectiles.

Por las razones antes expuestas, la balística forense es una profesión que históricamente se consideraba actividad exclusiva de hombres. Sin embargo, con la inclusión de las mujeres en las

instituciones de procuración de justicia, laborando como personal pericial en balística forense, se incrementó su participación en los laboratorios. Aun así, en términos generales su participación continúa siendo baja. Considero que es en razón de la falta de información, oportunidades y motivación para todas las estudiantes que teniendo la aspiración de laborar profesionalmente en dicha área, pero por temor a ser rechazadas cambian su meta a otras opciones, quedando sus aportaciones fuera del contexto de la balística forense.

Como expertos podremos dar diversas posturas al respecto, pero que mejor, que conocer la opinión de una mujer que lo ha vivido desde sus inicios. A través de la presente entrevista conoceremos aspectos de su vida, aportaciones, logros y de la participación actual de las mujeres en el ámbito de la balística forense.

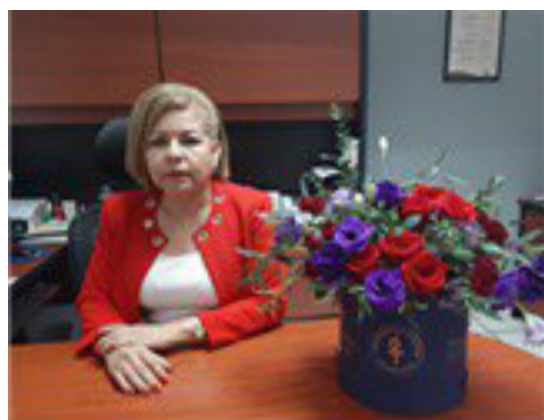


Figura 1. La experta en balística forense.

Tuve la oportunidad de conocer a la experta hace unos años, cuando se trasladaba de su estado natal Sinaloa, a la Ciudad de México para realizar actividades periciales, entre estas, ingresar la huella balística de casquillos y balas involucrados en casos criminales. Posteriormente coincidimos en reuniones especializadas sobre balística forense celebradas en diferentes estados de la República Mexicana, donde tuve la oportunidad de intercambiar opiniones con ella; conocer su vida profesional y sus aportaciones, -que a mi percepción, ella minimizaba y no lograba dimensionarlas-; pero como experto en balística forense de inmediato las identifique- desde ese momento estaba convencido que debía documentarlas y compartirlas con la comunidad de las ciencias forenses.



Figura 2. La experta en balística forense.

Como preámbulo, el estado de Sinaloa se encuentra ubicado al noroeste de la República Mexicana; es considerado como líder nacional en la industria alimentaria y otros productos, sin embargo, también presenta un índice delictivo estatal medio en homicidios dolosos, con arma de fuego, que corresponden a 278 en el año 2022; en comparación con estados que presentan un índice delictivo estatal bajo, como Aguascalientes que reportó 37 homicidios dolosos o Campeche con 57 en el mismo año, cifras proporcionadas por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (5).

Fue necesario trasladarme 1240 km, desde la Ciudad de México a la ciudad de Culiacán, Sinaloa; para proponerle la entrevista a la perito, explicándole la importancia de realizarla, principalmente por las razones que ya mencione, además, le compartí que su testimonio serviría para motivar a todas las mujeres que estudian y comparten el gusto por la balística forense, pero que en la actualidad, consideran no tener oportunidades para destacar en esa área. Fue así como amablemente aceptó la entrevista que presento a continuación:

Empecemos por el principio:

-¿Cuál es tu nombre?

Ireyda Alicia Paredes Leyva.

-¿Cómo quieres que me dirija a ti durante la entrevista?

Me siento cómoda que me llames "la perito", de otra manera no me acostumbro.

-¿Dónde naciste?

En Mocorito, Sinaloa, México, pero debí cambiar de residencia por cuestiones familiares y para fines de continuar los estudios, viví en los Mochis y terminé en Culiacán para estudiar la licenciatura. –Te comento Roberto- siempre tuve el respaldo de mis padres a los cuales les agradezco su apoyo incondicional y gracias a ellos, “soy lo que soy”.

-¿Qué nos puedes compartir de tu desarrollo académico?

Que soy Química Farmacobióloga, estudié en la Universidad Autónoma de Sinaloa, pero también tengo una Maestría en Investigación Criminal, la estudié en el Instituto Estatal de Ciencias Penales (INECIPE), ahora Facultad de la Policía.

-¿Qué objetivos tenías cuando iniciaron tus estudios universitarios?

De inicio quería estudiar medicina. Según yo, es el único año que no se abrió esa carrera. Recordemos que el Internet, a finales de los 80, no era común utilizarlo por los estudiantes, lo que dificultaba que la información fluyera adecuadamente. Busqué algo relacionado y fue como ingresé a la Facultad de Ciencias Químicas y Biológicas.

-Durante tú niñez ¿recuerdas haber tenido un acercamiento con las armas de fuego o cartuchos, de tal manera que haya influido en ti para ser perito en balística?

No, jamás. El primer acercamiento fue ya como perito en el año 1990.

-¿Por qué decidiste ser perito?, ¿Por qué perito en balística forense?

Haciendo los trámites para titularme, pasé por la antes Procuraduría General del Estado, recordé que un compañero había ingresado a trabajar ahí en la Dirección de Servicios Periciales, decidí visitarlo, miré el estudio de lo que estaban realizando como químicos y me gustó, en ese momento decidí que buscaría la manera de ser perito. Dos días después ya había sido contratada. En 1990 el perito químico también hacía las periciales en balística.

-Nos puedes platicar, ¿cómo fue el acercamiento con la balística forense?

Cada vez que había un curso teníamos un rol para asistir, en una ocasión la Agencia de Alcohol, Tabaco, Armas de fuego y Explosivos (ATF), nos invitó a un curso de balística en Morelia, estado de Michoacán, México; y me tocó asistir. Posteriormente realizaron otro curso en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. En esa ocasión no permitieron que fuera otro perito por tener continuidad en los temas vistos. Asistí de nueva cuenta. De igual forma realizaron otro curso en la Ciudad de México y solicitaron asistieran los mismos peritos, por lo que volví a ir; debido a la continuidad en temas de balística. Posteriormente, mis compañeros del laboratorio, si solicitaban un perito en balística forense, proponían que me asignaran al caso por considerarme más especializada, por los cursos tomados y de esta forma terminé siendo la única perito en balística forense de tiempo completo.

-¿En qué año y cómo ingresas a la Fiscalía General de Justicia del Estado de Sinaloa?

Ingresé en mayo de 1990 y con mucha suerte. Busqué al Director de Servicios Periciales, le comenté que me había tocado ver realizar algunos estudios, que me había gustado y que si en alguna ocasión requerían de un químico, me tomara en cuenta. Dos días después ya formaba parte del equipo.

-¿Cómo fue tu recibimiento el día que entraste a laborar en el laboratorio de balística forense?

Déjame explicarte que no existía un laboratorio de balística forense como hoy en día, yo lo inicié. El haber interactuado con otros expertos de balística forense, me permitió tener el conocimiento del equipamiento que debía solicitar para lograr contar con un laboratorio que permitiera dar respuesta con prontitud a las solicitudes que remitían las autoridades. Debo reconocer que al inicio no fue fácil; por citarte un ejemplo, existía una escasa bibliografía de armas de fuego, así como de otros estudios; actualmente con la tecnología facilita drásticamente la intervención del personal de balística forense; ahora se tiene el acceso gratis a páginas de fabricantes de armas de fuego; bibliotecas digitales, foros, grupos de trabajo, revistas científicas, etc. deben

saber aprovechar la tecnología las nuevas generaciones de expertas y expertos. Recuerden que la tecnología no es otra cosa que la ciencia aplicada a la solución de los problemas cotidianos y profesionales.

-¿Estando en el laboratorio de balística forense, ya había otras peritos o eras la única mujer?

Por varios años fui la única integrante.

-Una pregunta obligada, ¿cómo fue la relación con los peritos varones?

En general fue buena, quizá influyó que a varios yo los formé, es decir los capacité en sus inicios, por lo que, cuando aumentó el número de integrantes yo era la encargada.

-¿Te llegaste a sentir incómoda en algún momento en el laboratorio donde prevalecían hombres?

No, nunca, quizá sea por mi carácter o porque me acostumbré a trabajar rodeada de hombres, cuando ingresé a la entonces Procuraduría, éramos muy pocas mujeres. Con respecto a la pregunta, pudiera ser que algunas mujeres se llegaran a sentir incómodas al inicio.

-La normatividad del Estado de Sinaloa y Yucatán, son las únicas entidades federativas en el país que afortunadamente consideran la reclusión de las personas que reincidan en el delito de acoso. En tu caso: ¿viviste alguna experiencia de acoso por parte de los peritos del área de balística forense?

En el trabajo no, recuerdo que en un curso que asistí a la Ciudad de México sí, te comento que mi agresor fue un participante que prefiero omitir su nombre, quién insistentemente me llegó a realizar reiteradamente comentarios que me incomodaron; afortunadamente supe manejar la situación y todo quedó en una mala experiencia.

-¿Alguna mala experiencia en tu actividad profesional por el hecho de ser mujer?

Cuando el jefe del laboratorio de química y balística forense renunció, se realizaron exámenes para que alguno de los peritos ocupara su lugar, en ese tiempo éramos cuatro hombres y dos mujeres, a nosotras nos

informaron que nuestros exámenes no serían tomados en cuenta por ser mujeres y así sucedió. Pero quiero aclarar que esta situación nunca me desanimó a seguir adelante.

-En los laboratorios de balística forense, llegan a remitir para análisis armas de fuego que se encuentran trabadas en sus mecanismos, o bien, que por sus componentes son pesadas. ¿Realizabas en el laboratorio los mismos estudios, pruebas o dictámenes que tus compañeros? o ¿consideras que te llegaron a discriminar?

En el laboratorio de balística siempre me he encargado de que exista igualdad, no puedo negar que en esta especialidad el equipo ideal, es el que está conformado por hombres y mujeres.

- Un laboratorio de balística forense, ¿qué indicios analiza?

Principalmente armas de fuego, casquillos, balas, cartuchos integrados y vehículos que recibieron impactos, se realiza la balística de trayectoria.

-Se tiene conocimiento que en el año de 1898, el doctor Paul Jeserich realizó un estudio microcomparativo entre una bala “problema” extraída de un cuerpo y balas “testigo” obtenidas de su prueba de disparo, logrando encontrar su correspondencia positiva y confirmando su teoría, pudiéndose castigar al culpable en esa época, pero estarás de acuerdo que la literatura no menciona que hubiera generado una base de datos -como fue tu caso-. Luego entonces, te puedo asegurar que tú eres la primera perito que generó una base de datos de balística forense en México. ¿Sería posible que nos platicaras lo relacionado a tu método de microcomparación por medio de fotografías?

Al tener un caso, de inicio determinaba por cuantas armas de fuego fueron percutidos los casquillos, posteriormente seleccionaba uno de los casquillos de cada grupo, lo cotejaba con las fotografías de casquillos del mismo calibre con las que contaba en un álbum fotográfico. Si no me daban datos suficientes para un posible positivo, entonces se reportaba negativo; pero si encontraba datos de un posible positivo, solicitaba prestados los casquillos para cotejo directo. Solo así reportaba un positivo. Se logró relacionar diversos casos de homicidios en el estado de Sinaloa. Me gustaría

mucho compartirme uno de los casos más exitosos que recuerdo y sobre todo que representa para mí una satisfacción profesional; se trató de un arma de fuego que estuvo relacionada con 17 casos diferentes en el Estado de Sinaloa. Fue un triunfo desde el punto de vista de las Ciencias Forenses.

-¿Cómo se te ocurrió implementarlo, es decir, qué te llevo a realizarlo?

En el año de 1995, en uno de los tantos casos que atendía, las marcas localizadas en los casquillos se me hicieron familiares, busqué en mis dictámenes los casos de ese calibre, ya teniéndolos recordé en qué caso las había visto. Le solicité al Ministerio Público que me los remitiera para analizar, explicándole el por qué. Al tener en mis manos los dos casos realicé la comparativa y efectivamente comprobé que fueron percutidos por la misma arma de fuego. Lo platiqué con mi jefe inmediato -debíamos hacer algo-, porque no era correcto basarme en mi memoria, fue cuando surgió el proyecto de realizar tomas fotográficas, hacer un álbum con las fotografías, cuyas hojas estarían integradas por imágenes del área del culote de los casquillos del mismo calibre, con la información básica en su lado posterior.

-¿Cuál fue el método para colocar los casquillos, antes de la fotografía? ¿Nos podrías explicar a fondo?

Me organicé y desarrolle mi propio método con la intención de facilitar mi trabajo. Establecí como punto número uno colocar siempre el arrastre que en ocasiones produce el percutor al momento del disparo en la capsula que se encuentra en la base del casquillo, posicionándola a las 3. Como segundo punto fue que la marca de expulsión producida por el arma de fuego, generalmente en la periferia de la base del casquillo al momento de expulsarlo del arma, siempre la colocaba a las 11. Para estas referencias, consideraba la posición de las manecillas del reloj. Así es como tomaba la fotografía del casquillo, para integrarlo al álbum fotográfico.

-¿Crees que de haber tenido el apoyo tecnológico y logístico podrías haber desarrollado algún software para microcomparación?

Quizá dar la idea, tenía suficiente información y experiencia para aportársela a los desarrolladores de

software para vincular casos criminales, por medio de la huella balística que dejan las armas de fuego al realizar disparos, sin embargo, no existía mucho interés como ocurre actualmente.



Figura 3. Álbum fotográfico de casquillos calibre 9mm, utilizados para confronta.

-¿Cuál es tú sentir al conocer que los resultados de tus análisis fueron utilizados para sentenciar a personas que transgreden la ley?

Mucha satisfacción, saber que aporté con un granito de arena para que se hiciera justicia, no tiene precio.

-¿Recuerdas una mala experiencia cómo perito en balística forense?

Ninguna, pero si muchas satisfacciones.

-Consideras que cómo perito en balística forense ¿debiste sacrificar algo importante de tu vida?

No, al contrario, pasó a ser algo muy importante en mi vida.

-¿Alguna vez pensaste en dejar de ser perito en balística forense?

Nunca, si regresara el tiempo, volvería a hacer lo mismo.

-¿En qué momento de tus actividades no te hubiera gustado ser perito en balística forense?

Solo en algunos casos, como cuando hay

cansancio en los ojos, después de revisar 1000 o 2000 casquillos a microscopio, que son de las actividades más agotadoras para el perito en balística forense.

-¿Es difícil emitir un dictamen de balística forense?

No es difícil, es minucioso, se deben seguir las reglas de seguridad, se debe tomar con mucha calma un análisis, jamás se debe hacer a la carrera, porque la concentración debe ser total, para un buen resultado.

-¿Qué cursos relevantes te han impartido? y ¿qué instituciones te han capacitado para poder dictaminar en balística forense?

Reconozco que después de tres cursos a los que asistí, organizados por la Agencia de Alcohol, Tabaco, Armas de fuego y Explosivos (ATF), me nació el amor por la balística forense, sin embargo, también he sido capacitada por la Fiscalía General de la República (FGR), Instituto Nacional de Ciencias Penales (INACIPE), por el Comité Nacional de Especialistas en Balística (CONEBAL) y por el Programa Internacional de Asistencia para la Capacitación en Investigación Criminal (ICITAP), entre otros.

-¿Qué tan importante resulta la capacitación para un perito en balística forense?

Recordemos que las armas de fuego y sus complementos, van evolucionando día con día, y un perito en balística forense, debe estar actualizado. Todas las instituciones de procuración de justicia deben atender ese tema con prontitud y profesionalismo.

-Nos podrás compartir ¿qué es lo que más te apasiona de la balística forense?

Aparte de los estudios de microcomparación, el cómo se enlaza con otras disciplinas y lo que aporta en una investigación.

-¿Qué aptitudes consideras que debería tener una persona para poder desempeñarse como perito en balística forense?

Ser responsable, minucioso, metódico, analítico, proactivo, son las principales; pero asociadas con otras como por ejemplo, saber trabajar en equipo, se mejora

ampliamente un buen perfil de un perito en balística forense.

-¿Cuál es tu opinión respecto a qué nivel de conocimientos, se encuentra la balística forense en comparación con otros países?

Después de ver como los laboratorios de balística forense en nuestro país, se han acreditado bajo normas internacionales, por organismo como la National Accreditation Board (ANAB) y tomando en cuenta los comentarios positivos de nuestro instructor extranjero en la preparación en busca de la acreditación, considero que tenemos un muy buen nivel.

-¿Consideras que el contenido temático de la asignatura de balística forense que se imparte en las diferentes universidades del país, es el adecuado? o ¿qué les faltaría desde tu perspectiva? ¿Por qué?

Trabajar un poco más en balística de trayectorias, ya que estas son un tema fundamental que deben incluir en el temario todas las universidades e institutos de capacitación que imparten la materia de balística forense, el perito debe dominar todo lo relacionado con esta intervención, recordemos que de sus resultados pueden contribuir a que un inocente sea sentenciado injustamente o viceversa.

-¿Cuántos años te desempeñaste como perito en balística forense?

26 años, pero que no parecen, recuerdo perfectamente el primer día que entre a laborar como si fuera recientemente. Cuando realizamos diariamente lo que nos apasiona, no lo considero un trabajo.

- Es una realidad que hay mujeres que les interesa la balística forense, sin embargo, a la fecha de la presente entrevista, la participación de la mujer en los laboratorios de balística forense de diferentes países consultados, es baja; en promedio tienen de experiencia entre 10 a 15 años y en algunos otros casos lamentablemente aún no cuentan con personal femenino; ¿Sabías que eres la perito en balística forense con más años de experiencia, al menos en México y te puedo asegurar que de otros muchos países?

Lo desconocía, sabía por comentarios en el Comité Nacional de Especialistas en Balística (CONEBAL) de México que era la primera mujer perito en balística forense en nuestro país, desde el año de 1990.

-¿Cuál es tu sentir al conocer éstas cifras y saber que eres la perito de balística forense con más años de experiencia en México y de otros países?

No puedo evitar sentir gusto, pero sobre todo porque estuve haciendo algo que de verdad me apasiona.

-¿Consideras que una mujer debe tener cualidades extras que permita desempeñarse como perito en balística forense?

No, definitivamente son las mismas para un hombre que para una mujer.

-¿Nos puedes compartir algunos de tus reconocimientos que consideres más importantes como perito en balística forense?

Medalla y reconocimiento por parte de mi institución, me refiero a la Procuraduría General del Estado de Sinaloa, ahora Fiscalía.

-¿Consideras que hoy existe apertura en el campo laboral de la balística forense para las mujeres?

Totalmente, ya reconocen que la mujer hace un papel excelente en balística forense, actualmente ya es común contar con personal pericial femenino en los laboratorios de balística forense, debemos reconocer que nos falta redoblar esfuerzos; pero de alguna manera continuamos avanzando y estoy segura que México seguirá siendo un ejemplo a seguir para otros países que aún no cuentan con personal femenino.

-¿Qué significa para ti la palabra “éxito”?

Para mí, el éxito es que haciendo lo que a ti te gusta, tienes logros al darte cuenta que tu trabajo repercute de forma positiva en una investigación, y que con trabajo, estudios y dedicación se han cumplido tus metas.

-¿Actualmente qué puesto ocupas en la Fiscalía General del Estado de Sinaloa?

Cargo de Director General de Investigación Pericial.

-Documentándome me encontré con un dato importante y que te quiero compartir ¿Tienes conocimiento qué eres la primera mujer con ese cargo de Director de Investigación Pericial en el Estado de Sinaloa?

Sí, estas en lo correcto, de la misma manera es un gusto ser la primera que ostenta ese cargo en mi estado. Sin duda las mujeres vamos demostrando que podemos contribuir a mejorar en todos los ámbitos del conocimiento. En mi caso con esfuerzo, dedicación y amor a mi trabajo lo pude lograr y desde luego que muchas otras mujeres lo podrán lograr.

-¿Qué mensaje le mandarías a todas las mujeres que se encuentran estudiando y temen laborar en campos que se consideraban exclusivamente para hombres?

Que está demostrado de mil maneras que una mujer cuando se lo propone llega a donde quiere. A veces no es fácil, pero cuando hay ganas y carácter, el “no se puede”, no existe. A todas las estudiantes les puedo asegurar que si quieren, lo pueden lograr; en mi vida profesional me encuentro con obstáculos, “como todas”, pero con tenacidad, dedicación y fortaleza los supero.

-¿Qué consejo le darías a una persona que estudia y trabaja simultáneamente para lograr ser perito en materia de balística forense?

Primero debe de gustarte, es lo más importante, después de esto, es la dedicación y el respeto a lo que haces. El amor por lo que haces, es lo que marca la diferencia, el tiempo invertido, el esfuerzo y cansancio, no se sienten; mi frase favorita que les comparto para concluir la entrevista, es: “cuando tu trabajo o estudios te gustan, es como estar de novia o casada con el amor de tu vida”.

Concluyendo la entrevista satisfecho por haber documentado información de gran importancia para las ciencias forenses. Se logró el objetivo de aportar

una pieza más al “rompecabezas” del desarrollo de la historia de la balística forense en México.

No me resta más que agradecerle a la perito Ireyda Alicia Paredes Leyva, por habernos compartido sus experiencias desde la perspectiva de una mujer que se caracteriza por sincera y directa al hablar, quien se atrevió a quebrantar el tabú de que la balística forense pertenece exclusivamente a los hombres; gracias también por donar la fotografía del álbum cuyo valor histórico es incalculable; ya que como nos explicó, alguna vez fue pieza fundamental para relacionar casos criminales en su estado. Esperando que la presente entrevista, sea un aliciente para todas aquellas estudiantes que les apasiona la balística forense.

Agradezco infinitamente a todas las expertas y expertos, así como a las personas que contribuyeron animándome en todo momento para no desistir y lograr dejar un precedente a las nuevas generaciones de la inclusión de la mujer en la balística forense.

Bibliografía

1. Tippens, Paul E. Física: conceptos y aplicaciones. México: Mc Graw Hill; 1981. 606p.
2. Silveyra, Jorge Omar. Armas y Crímenes. 1ª. Ed. Buenos Aires Argentina: La Rocca; 2008. 304p. (Investigación del Delito; 4).
3. González, Moreno L. Rafael. Balística Forense, México: Porrúa, 10ed. 204p
4. Bringas, Guillot Rafael, Balística Forense, México, Derechos Reservados, 2003. 496p.
5. Centro Nacional de Información. Instrumento para el Registro, Clasificación y Reporte de Delitos y las Víctimas: Incidencia delictiva del fuero común 2022. México: SESNSP; 2022. CNSP/38/15.