

**MATERIALES Y MÉTODOS DE IMPRESIÓN ODONTOLÓGICOS UTILIZADOS
EN CIENCIAS FORENSES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DE
PISADAS. REVISIÓN TEMÁTICA**

Liza Valentina Mahecha Umaña

Ana María Quiñones Cortés

Anny Juliana Salazar Vallejo

Andrea Lizeth Villamarín Rocha

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
PROGRAMA DE ODONTOLOGÍA - FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
BOGOTÁ DC. - DICIEMBRE 2023**

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Universidad	El Bosque
Facultad	Odontología
Programa	Odontología
Título:	Materiales y métodos de impresión odontológicas se utilizan en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas. Revisión temática
Grupo de investigación	Unidad de Epidemiología Clínica Oral - UNIECLO
Línea de Investigación	Odontología digital
Tipo de investigación:	Pregrado /Grupo
Estudiantes	Liza Valentina Mahecha Umaña Ana María Quiñones Cortés Anny Juliana Salazar Vallejo Andrea Lizeth Villamarín Rocha
Director:	Dra. Martha C. Tamayo
Asesor metodológico	Dra. Martha C. Tamayo

DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE

OTTO BAUTISTA GAMBOA	Presidente del Claustro
MIGUEL RUIZ RUBIANO	Presidente Consejo Directivo
MARIA CLARA RANGEL GALVIS	Rector(a)
NATALIA RUÍZ ROGERS	Vicerrector(a) Académico
RICARDO ENRIQUE GUTIÉRREZ MARÍN	Vicerrector Administrativo
GUSTAVO SILVA CARRERO	Vicerrectoría de Investigaciones.
CRISTINA MATIZ MEJÍA	Secretaria General
JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS	División Postgrados
HERNEY ALONSO RENGIFO REINA	Decano Facultad de Odontología
MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL	Secretaria Académica
DIANA MARIA ESCOBAR JIMENEZ	Director Área Bioclínica
ALEJANDRO PERDOMO RUBIO	Director Área Comunitaria
JUAN GUILLERMO AVILA ALCALÁ	Coordinador Área Psicosocial
INGRID ISABEL MORA DIAZ	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
SANDRA HINCAPIE NARVAEZ	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

GUÍA DE CONTENIDO

Resumen	
Abstract	
	Pág.
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Objetivos	9
4. Metodología	10
A. Tipo de estudio	10
B. Metodología para el desarrollo de la revisión	10
- Pregunta(s) orientadoras	10
- Estructura de la revisión	10
- Búsqueda de información	10
○ Selección de palabras claves por temática	10
○ Estructuración de estrategia de búsqueda por temática	11
○ Resultados de aplicación de estrategia de búsqueda	12
○ Preselección de artículos por temática	13
- Selección de artículos por temática	18
- Proceso de extracción de información de artículos por temática	19
5. consideraciones en propiedad intelectual	21
Sustento legal	21
7. Resultados	22
8. Referencias bibliográficas	29

RESUMEN

Materiales y métodos de impresión odontológicas se utilizan en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas. Revisión temática

Antecedentes: Desde el punto de vista forense, una huella es cualquier marca encontrada en la escena del crimen o asociada al mismo que podría ser visible o invisible, las huellas de pisadas pueden ser el rastro de zapatos o la marca del pie directamente en el suelo. Existen varios materiales y métodos para recolectar evidencias de estas huellas en una escena de crimen, estos se clasifican en 2D (trazos, fotografías) y 3D (impresiones), independientemente de la clasificación, los materiales y/o métodos para obtener las pisadas deben recopilar y retener de manera exacta todas las características de la huella, debido a la necesidad de ver los detalles más finos de la misma. Se ha observado que estos materiales son muy similares a las que se usan en odontología, sin embargo, aún no existe una revisión que permita identificar esas similitudes. **Objetivo:** Identificar a partir de la evidencia científica, cuáles son los materiales y/o métodos de impresión odontológicas utilizados en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas **Métodos:** Para esta revisión temática con fines de investigación se estableció una pregunta orientadora: ¿Qué materiales y métodos de impresión odontológicas se utilizan en ciencias forenses para identificación de huellas de calzado? A partir de esta pregunta, se establecieron dos puntos temáticos y se crearon estrategias de búsqueda para cada uno de ellos para ser aplicados en la base de datos PUBMED. Se eligieron artículos científicos sin restricciones de idioma que abordaron los objetivos de la revisión. Los datos de cada artículo seleccionado se extrajeron utilizando registros bibliográficos con criterios de extracción precisos como: estudio/país, tipo de huella, tipo de pisada, superficie donde se levanta la huella, material o método de impresión o registro de la huella de pisada, material en el que se reproduce la huella de pisada, variables evaluadas (descripción, parámetros de evaluación, instrumentos para evaluación), análisis estadístico; resultados por variable y conclusiones. Las dos temáticas fueron 1) Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses y 2) Materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses Resultados y conclusiones: Para el primer punto temático se identificaron 1,416 publicaciones de las cuales se seleccionaron 37. Para el segundo punto temático, se identificaron 969 publicaciones de las cuales se seleccionaron 20. Actualmente se está llevando a cabo la extracción de los datos de los estudios seleccionados para cada temática en las respectivas fichas bibliográficas diseñadas para tal fin. A partir de la extracción de datos de los estudios seleccionados se puede concluir que el material de impresión de odontología más usado para la obtención de huellas/pisadas con fines forenses es el alginato, ya que es un material simple y eficaz que puede prepararse y aplicarse fácilmente en la escena del crimen. Por otro lado, el uso de escáneres 3D parece ser más rápido, los sistemas de imágenes 3D proporcionan detalles iguales o mejores que los de un modelo físico y es invaluable no solo para fines de comparación sino también como ayuda de investigación.

Palabras claves: Pisadas, huellas de pie, ciencias forenses, métodos de impresión, odontología

ABSTRACT

DENTAL MATERIALS AND METHODS ARE USED BY FORENSIC SCIENCES FOR FOOT AND SHOE PRINTS; THEMATIC REVIEW

Background: A print is any mark found on the crime scene or associated to it, it may be visible or invisible, and footprints may be shoe marks or direct footprints. There are several methods for collecting such prints such as 2D (traces, photographs) and 3D (impressions), independent of classification, these must compile and keep precisely all characteristics of the sample. It has been observed that the materials are very similar to those used in dentistry but a review confirming such is not available. **Objective:** to identify which materials and methods used in dental impressions are used in forensic sciences for shoe and footprint identification. **Methods:** Enquiring which materials and methods used in dental impressions are used in forensic sciences for shoe and footprint identification established two main topics and search strategies for PUBMED. Articles without language restriction which covered the topic were chosen, data was extracted with bibliographic files such as country, type of print, type of footprint, surface where imprinted, impression material or method, print registry, material for print cast, evaluated variable (description, assessment parameters, assessment instruments), statistical analysis, results per variable and conclusions. The topics were: 1) characteristics and precision of materials and methods used in forensics and 2) similar materials and methods used in dental impressions which could be adapted. **Results and conclusions:** 1.416 publications were identified for topic one, from which 37 were selected; 969 for topic two, from which 20 were selected. Data extraction is currently ongoing and it may be concluded from the selected studies that the most widely used dental impression material is alginate because it is simple, efficient and can be prepared at the scene. 3D scanning is fastest and provide comparable or better detail than the physical model, being valuable for comparison and investigation.

Key words: imprints, footprints, forensic sciences, impression methods, dentistry.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia forense es aquella que aplica conocimientos y técnicas científicas para investigar delitos y resolver asuntos legales en los diferentes campos - civiles, penales o administrativos (Brenner, 2004; Barros, 2021) por eso, su función principal es realizar investigaciones relacionadas con la justicia civil y penal para resolver problemas en el sistema de seguridad pública. Sin embargo, a medida que la tecnología ha avanzado los delitos se han hecho cada vez más complejos por lo que la práctica forense está en constante desarrollo. (Barros *et al.*, 2021)

Una de las evidencias físicas forenses más frecuentemente encontradas y analizadas después de las huellas dactilares y el ADN, son las marcas y huellas generadas por pisadas (Bodziak, 2017). Estas huellas son de gran importancia en las ciencias forenses ya que a partir de ellas se puede reconstruir un evento, vincular sospechosos a una escena de crimen y/o proporcionar información vital para la investigación criminal y solución de un caso. (Speir *et al.*, 2016; Bodziak, 2017)

Una huella es cualquier marca encontrada en la escena del crimen o asociada al mismo y que normalmente es invisible. Las pisadas pueden ser el rastro de zapatos o la marca del pie directamente en el suelo. Estas se forman como el resultado entre la interacción del pie y el suelo y permiten identificar características del sospechoso como altura, peso, índice de masa corporal, sexo y edad (Mukhra *et al.*, 2020). En las ciencias forenses, las pisadas se dividen en estáticas, que son las huellas de la persona mientras está de pie y dinámicas, cuando el sujeto está en movimiento. (Mukhra *et al.*, 2020).

Existen varios materiales y métodos para recolectar evidencias del calzado en un crimen, estos se clasifican en 2D (trazos, fotografías) y 3D (impresiones) (Daniel *et al.*, 2020).

Independientemente de la clasificación, los materiales y/o métodos para obtener las pisadas. Se deben recopilar y retener de manera exacta todas las características de la huella, debido a la necesidad de ver los detalles más finos de la misma. Mientras más clara y precisa sea la huella, mayor será su relevancia en el caso de investigación. (Daniel *et al.*, 2020, Bodziak, 2017)

Entre los materiales convencionales para las impresiones de las pisadas se encuentra el yeso de París, la cera de parafina, el yeso dental, el azufre y otras sustancias. **(Petraco et al., 2016)**. El vaciado tradicional de huellas de calzado se efectúa con yeso de París, el cual obtiene muy buenos resultados, sin embargo, presenta algunos inconvenientes al momento de desprender del molde y presenta una consistencia bastante porosa que puede llevar a la formación de burbujas en la impresión. **(Guzman, 2000)**. Los procesos recomendados para obtener la toma de impresiones en nieve, se basa en tomar un molde con azufre, para este procedimiento es necesario tener una temperatura ligeramente superior al punto de fusión del azufre (113 grados centígrados), teniendo en cuenta que no se puede exceder las condiciones térmicas dado a que se puede ocasionar la destrucción de detalles. **(Guzman, 2000)**. El Mikrosil™ es un producto a base de silicona que resulta muy eficaz para el levantamiento de impresiones en polvo, específicamente para levantar impresiones de huellas dactilares que han sido reveladas con polvo negro, asimismo levanta irregularidades o texturas del sustrato, vienen en blanco, negro, gris y marrón. Los colores blanco y negro se usan comúnmente para impresiones de calzado. **(Bodziak, 2017)**.

Para hacer un molde de yeso es necesario tener un contenedor limpio, espátula, agua y el material a utilizar. La huella debe estar limitada mediante la construcción de una pared contenedora, una vez esté preparada la superficie a revelar se realiza la mezcla de consistencia cremosa y espesa, la cual será vertida sobre un cucharón próximo a la impresión y deberá ser movido circularmente para cubrir la superficie completa. La mezcla no debe ser vertida directamente sobre la impresión ya que puede provocar un empastamiento que afecte los detalles. Cuando el yeso alcance una altura de 2 cm se procede a palillos o alambres de refuerzo para evitar posteriores fracturas al momento de ser transportado. La segunda capa de yeso debe proporcionar al molde una profundidad de 4 cm. El tiempo de fraguado se producirá a los 20 a 30 minutos, transcurrido este tiempo el molde puede ser removido. **(Guzman, 2000)**.

En cuanto a métodos de impresión más recientes se encuentra la captura en 3D, como la luz estructurada, los escaneos láser ópticos y la fotogrametría. Los escáneres 3D suelen ser móviles, fáciles de usar y el tiempo de preparación es menor que el usado en las técnicas de colado. **(Buck et al., 2007)**. También hay escáneres que obtienen una impresión de la suela

al detectar el peso del usuario. Una imagen que muestra la parte de la suela en contacto con la superficie de exploración. Para escanear los zapatos, primero se limpian las suelas para eliminar un poco de suciedad. La persona que usa el zapato luego pisa la superficie del escáner y, al pisar el escáner, el usuario transfiere su peso del talón a la punta para que el escáner capture el patrón de la suela en detalle. Una vez que el escáner detecta el patrón de la suela, la imagen con la 9 suela escaneada se puede mostrar en la pantalla en un software dedicado proporcionado por EverOS **(Park & Carriquiry, 2020)**

Existen impresiones de huellas encontradas en plantillas que la replicar la marcha natural, para esto se empleó un protocolo de marcha media . Se usó una superficie dura y plana para recolectar las huellas. Una vez que se obtuvieron las huellas y se creó una imagen en PDF de cada huella en el papel de impresión y cada plantilla utilizando la función de escaneo de la impresora de la serie Konica Minolta Bizhub 4052 y se almacenaron en el Apple MacBook Pro. Cada plantilla tenía una impresión de pie que era visible a simple vista, aunque la visibilidad de algunas imágenes de la plantilla se mejoró con los ajustes de contraste y/o brillo de GIMP. Para medir cada ejemplar, se empleó el enfoque Reel. Se utilizaron ambos pies de los sujetos debido a la asimetría observada entre el pie derecho y el izquierdo . El enfoque de medición de Reel tiene una alta confiabilidad intraevaluador. **(Nirenberg et al., 2020)**

La fabricación digital requiere información morfológica que se puede obtener escaneando directamente el pie y el tobillo con tecnología 3D o escaneando impresiones negativas. Los datos o información escaneada se pueden utilizar para crear modelos 3D de pacientes o dispositivos a los cuales se le implementó esta técnica. **(Farhan et al., 2021)**

La fotogrametría 3D y 2D mejora la visualización de las propiedades de las capas logradas por la suela. Casting y 3D brindan una mejor visualización de las características adquiridas, ya que el uso del tacto en el caso de las piezas de trabajo la representación en diferentes profundidades de color cuando se ven modelos digitales en 3D, se vuelve importante. **(Larsen & Bennett, 2021).**

Como se puede observar los materiales y requerimientos para capturar y reproducir las huellas de pies y zapatos son muy similares a las que se usan en odontología sin embargo aún no existe una revisión que permita identificar esas similitudes.

2. ANTECEDENTES

1. Resumen del proceso de búsqueda de información

Se definieron las siguientes variables

Ciencias Forenses: Se define como el campo de la ciencia que se utiliza en el proceso judicial. Algunos provienen de las ciencias físicas, médicas y dentales, y los trabajadores mejor calificados se especializan en los aspectos relacionados con la corte de cada disciplina [\(Brenner,2004\)](#).

Impresión de pie (Footwear Impression:): Se define como el contacto de la suela del zapato que produce una réplica bidimensional o tridimensional de esa suela en una superficie. También se denomina marca de calzado o huella de calzado cuando se refiere a impresiones bidimensionales. [\(Bodziak,2017\)](#)

Impresión(Casting-Footwear): Se define como una impresión de calzado tridimensional con material que toma y retiene las características que quedaron en esa impresión por el calzado. Además, el modelo tridimensional de un zapato y luego haciendo un molde a partir de ese modelo. [\(Brenner,2004\)](#) .

Se consultaron la siguiente base de datos: PUBMED

Se utilizaron las siguientes palabras clave: footprint, plantar footprint, insole footprint, footwear outsole, footwear, bare footprints, forensic podiatry forensic science, forensic sciences, impressions, dental impression ,dental impression technique , 3d scanning , plaster cast , dental stone ,casting procedure , insole footprint impressions ,footprint impressions,forensic podiatry ,forensic science ,podiatry , forensic sciences ,forensic analysis ,forensic metrics.

Se buscaron los siguientes tipos de estudios: Metanálisis, ensayos clínicos aleatorizados y controlados, estudios de cohorte.

Se utilizaron 2 estrategias de búsqueda: 1 impresiones de huellas y pisadas y **2** para métodos de análisis de huellas y pisadas

Estrategia de búsqueda avanzada – impresiones de huellas y pisadas

#1	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints)
#2	(Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)

#3A	(Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)
#4 (# 1)OR (#2)	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences))
#5 (#4) AND # 3A ((# 1)OR (#2)) AND #3A	((footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences))) AND (Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)

Estrategia de búsqueda avanzada – métodos de análisis de huellas y pisadas

#1	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints)
#2	(Forensic podiatry OR Forensic science OR Podiatry OR Forensic Sciences OR Forensic analysis OR forensic metrics)
#3 (# 1) AND (#2)	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) AND (Forensic podiatry OR Forensic science OR Podiatry OR Forensic Sciences OR Forensic analysis OR forensic metrics)

No hubo restricción de lenguaje ni de fechas de publicación. Se buscaron solo estudios en descriptivos, explicativos y correlacionales

En la primera estrategia se encontraron 1,375 artículos en pubmed; de los cuales fueron preseleccionados por **título y abstract** 18 y de estos se seleccionaron 14 por **relevancia**.

En la segunda estrategia se encontraron 17,703 artículos en pubmed; de los cuales fueron preseleccionados seleccionados por **título y abstract** 14 y de estos se seleccionaron 11 por **relevancia**.

Se **excluyeron**, editoriales, abstracts que no hubieran sido seguidos por una publicación posterior, cartas o comentarios.

b. Glosario de términos

Agente de liberación (Release Agent): Es un producto que evita la adhesión de la sujeción al momento del vaciado de la impresión. (Bodziak,2017)

Base de datos de calzado (Footwear database): Es la recopilación digital de diseños de calzado que permite asociar una impresión con un fabricante o para vincular otra escena de crimen. (Brenner,2004)

Calzado (*Footwear*) : cualquier prenda que se use en el pie. **(Brenner,2004)**

Dispositivo de elevación electrostática (*Electrostatic lifting device*): Es un Dispositivo que suministra de alto voltaje, transfiere electrostáticamente una impresión de calzado de origen seco a una película. **(Brenner,2004)**

Fuente de luz alternativa (*Alternate light source*): Es un equipo que produce luz visible e invisible en diferentes longitudes de onda utilizado para visualizar evidencias. **(Brenner,2004)**

Escayola dental (*Dental Stone*): Es un producto en yeso enfocado en la industria dental, presenta características de resistencia a la compresión. El yeso dental se usa comúnmente en todo el mundo para moldear impresiones de calzado. **(Bodziak,2017)**

Fijadores (*Fixatives*): Son unos productos aplicados cuidadosamente en una impresión de calzado antes del vaciado que evitan que se pierdan detalles de la impresión. **(Brenner,2004)**

Fundición (*Casting (Footwear)*): Es un método que permite obtener un modelo a partir del modelo de un zapato. Dicho modelo es producido con un material que retiene las características de la impresión previa. **(Brenner,2004)**

Huella latente (*Latent print*): Es cualquier huella encontrada en la escena del crimen o asociada al mismo normalmente invisibles, por lo que requieren un método para su visualización. **(Brenner,2004)**

Huellas de eliminación (*Elimination prints*): Son huellas que permiten identificar a las personas que habitan normalmente la escena del crimen. **(Brenner,2004)**

Huella de zapato (*Shoe print*) Son Impresión bidimensional de un zapato. Donde se logra obtener la de marca de zapatos. **(Brenner,2004)**

Impresión del pie (*Foot Impression*): Son Impresiones que se hacen por el pie humano o con calcetines. **(Bodziak,2017)**

Impresión de origen húmedo (*Wet origin impression*): Som impresión de calzado que contiene cantidad significativa de humedad. **(Brenner,2004)**

Impresión de prueba (*Test Impression*): Son impresión de un zapato conocido con el fin de usarlo en un examen de impresión de calzado. (Bodziak,2017)

Impresión parcial (*Partial Impression*): Es una impresión que no representa la mayor parte de la suela del zapato. (Bodziak,2017)

Impresión completa (*Full Impression*): Es una impresión que representa toda la suela y tiene dos o tres dimensiones. (Bodziak,2017)

Impresión Fragmentada (*Fragmented Impression*): Son Impresión de un tamaño limitado hecha por un calzado que no proporciona información suficiente para asociarla a diseños o marcas de calzado. Por ejemplos serían características muy reducidas y aisladas de espiga, líneas paralelas, formas hexagonales y demás. (Bodziak,2017)

Impresión Cuestionada (*Questioned Impression*): Es una impresión de zapato recuperado con origen desconocido. (Bodziak,2017)

Impresión positiva (*Positive Impression*): Son impresión de transferencia, representa la parte de la suela que contacto con el suelo. (Bodziak,2017)

Impresión negativa (*Negative Impression*): Es una impresión que resulta de una suela de zapato que quita una sustancia de un sustrato bidimensional. (Bodziak,2017)

Impresión bidimensional (*Two-Dimensional Impression*): Son Impresión en sustrato firme, llamado o marca huella de zapato. (Bodziak,2017)

Impresión patente (*Patent impression*): Es una impresión visible a simple vista. (Bodziak,2017)

Impresiones de origen seco (*Dry Origin Impressions*): Son impresiones transferidas de polvo seco y residuos secos a un sustrato bidimensional seco. (Bodziak,2017)

Impresión de calzado (*Shoe print*): Es el contacto que produce la suela de un zapato que llega a provocar una réplica bidimensional o tridimensional. También se

denomina marca o huella de calzado cuando se refiere a impresiones bidimensionales. [\(Brenner,2004\)](#)

Levantador de adhesivo (*Adhesive lifter*): Son cintas o adhesivos utilizados para levantar huellas dactilares o impresiones de zapatos. [\(Brenner,2004\)](#)

Levantador de gelatina (*Gelatin Lifter*): Es un material de gelatina pegajoso se puede usar para levantar huellas. [\(Bodziak,2017\)](#)

Mejora química (*Chemical enhancement*): Son productos químicos que permiten detectar muestras difíciles de ver en determinados tipos de evidencias. [\(Brenner,2004\)](#)

Plantilla (*template*): Es una capa suave que se encuentra en la superficie interna del zapato proporcionando descanso al pie, se coloca en esta parte ya que por su consistencia acolchada proporciona comodidad y protección al pie. [\(Brenner,2004\)](#)

Polivinilsiloxanos (*Polyvinylsiloxanes*): Son Siliconas de condensación se usan para producir impresiones tridimensionales y recuperación de impresiones en polvo. [\(Bodziak,2017\)](#)

Suela (*Outsole/Sole*): Es una parte inferior del zapato que presenta contacto con el suelo, produce una impresión mediante la tracción, también proporciona durabilidad. [\(Brenner,2004\)](#)

Suela prensada (*Pressed sole*) : Es una suela prensada en un molde de compresión. [\(Bodziak,2017\)](#)

Transferencia de impresión (*Transfer Impression*): Impresión hecha de la acumulación de polvo en la suela de un zapato y otros materiales. [\(Bodziak,2017\)](#)

Vapores de yodo (*Iodine fumes*): método antiguo utilizado para visualizar huellas latentes en la escena del crimen. [\(Brenner,2004\)](#)

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar a partir de la evidencia científica, cuáles son los materiales y/o métodos de impresión odontológicas utilizados en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas.

Objetivos específicos

A partir de la evidencia científica

- Identificar características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses.
- Identificar cuáles materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses.

4. METODOLOGÍA

A. Tipo de estudio: Revisión temática con fines de investigación.

B. Metodología para el desarrollo de la revisión

1. Pregunta orientadora

Se establece la pregunta cual se orienta la revisión y es la que revisión pretende responder:

¿Qué materiales y métodos de impresión odontológicas se utilizan en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas?

2. Estructura de la revisión

Teniendo en cuenta la pregunta, se establece la estructura la revisión de acuerdo a las temáticas que se van a desarrollar

- Introducción/objetivo
- Metodología de búsqueda de Información
- Temáticas
 - Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses.
 - Materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses.

3. Búsqueda de información:

a. Selección de palabras claves por temática

Se establecen las variables para cada temática a ser tratada en la revisión a partir de las de las cuales se establecen las palabras claves para poder elaborar estrategias de Búsqueda de cada una de las temáticas propuestas: definición de los términos Mesh, Decs y Sinónimos o términos relacionado para lo cual se diligencia la Tabla 1 a continuación se desarrollará la 1ª temática:

Tabla 1.- SELECCIÓN DE PALABRAS CLAVES POR TEMÁTICA		
Temática	Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses	
Variable	Palabras claves	
Pisadas huellas /	Palabra clave	footprint
	Términos [MeSH] ingles	Plantar footprint
	Sinónimos / Términos relacionados	Insole footprint, footwear outsole Footwear Bare footprints
Ciencias forenses	Palabra clave	Forensic podiatry
	Términos [MeSH] ingles	Forensic Sciences
	Sinónimos / Términos relacionados	
Métodos de impresión	Palabra clave	Impressions
	Términos [MeSH] ingles	Dental Impression Technique
	Sinónimos / Términos relacionados	3D scanning, plaster cast, dental stone, casting procedure, Insole footprint impressions Footprint impressions

b. Estructuración de estrategia de búsqueda por temática A partir de la tabla 2 se seleccionan las palabras claves más pertinentes para estructurar los algoritmos de las estrategias de búsqueda para cada temática y se diligencia en la tabla 2. A continuación lo pertinente con la temática 1

Tabla 2. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA POR TEMATICA	
Temática	Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses
#1 separar con OR	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints)
#2 separar con OR	(Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)
#3 separar con OR	(Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)

#4 (#1) OR (#2)	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences))
#5 (#4) AND (#3) ((#1) OR (#2)) AND (#3)	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)) AND (Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)

c. Resultados de aplicación de estrategia de búsqueda por temática en bases de datos (Pubmed) Se aplica la estrategia de búsqueda en las diferentes bases de datos y se registran los resultados en la tabla 3 en la que hay un ejemplo

TABLA 3. RESULTADOS APLICACIÓN DE ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA POR TEMÁTICA PUBMED			
Temática	Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses		
Búsqueda	Algoritmos	Cantidad de artículos encontrados	Cantidad seleccionada por Título/abstract
#1	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints)	21,417	
#2	(Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)	141,899	
#3	(Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)	103,767	
#4 (#1)OR(#2)	(footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR (Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)	163,002	
#5 (#4) AND (#3) ((#1) OR (#2)) AND (#3)	((footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences))) AND (Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)	1,416	

d. Preselección de artículos por temática

Los artículos encontrados y preseleccionados por título o abstract para cada temática se registran en la siguiente tabla. **(Tabla 4)**

TABLA 4. PRESELECCIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA	
TEMÁTICA	Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses
BASE DE DATOS	PUBMED
ALGORITMO FINAL	((footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR ((Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences))) AND (Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)
ARTÍCULOS PRESELECCIONADOS <i>Referencia en estilo Vancouver - link PUBMED y abstract</i> REFERENCIA VANCOUVER - LINK PUBMED - ABSTRACT	
<p>Hu A, Arnold JB, Causby R, Jones S. The identification and reliability of static and dynamic barefoot impression measurements: A systematic review. Forensic Sci Int. 2018 Aug;289:156-164. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29864603/</p> <p>Objective: Barefoot impressions collected from crime scenes can be used in forensic analysis. The reliability of the measurement method employed during comparison of these foot impressions is paramount to prevent incorrect conclusions being made. A number of methods of obtaining measurements from barefoot impressions have been described in the research literature; however there has been no comprehensive review of their reliability. Therefore, the aim of this systematic review was to determine the reliability of measurements used to describe footprint morphology obtained from static and dynamic barefoot impressions. Methods: Four electronic databases were searched from inception to 23 November 2017. Eligible studies were required to report either the test-retest, intra or inter-rater reliability of measurements taken from barefoot impressions for the purposes of identification or classification of foot morphology. Methodological quality was assessed using the COSMIN checklist. Results: Eleven studies were identified that reported the reliability of 10 measurements (Reel method, arch index, Chippaux-Smirak index, footprint angle, Staheli index, contact area, Martirosov's K index, toe score and metatarsal ridge-to-toe measurement). High intra-rater reliability has been established for the Reel method (ICC=0.98-0.99), arch index (ICC=0.96-0.99), Chippaux-Smirak index (ICC=0.98-0.99), footprint angle (ICC=0.97-0.98), Staheli index (ICC=0.98-0.99) and footprint index (ICC=0.96-0.97). High inter-rater reliability has been established for the Reel method (ICC=0.99) and footprint angle (ICC=0.99). Overall methodological quality was rated as 'Poor' to 'Fair'. Conclusion: The measurement developed by Reel et al. has both its intra- and inter-rater reliability established to be high. However, the findings of this review were unable to inform a recommendation of one specific technique based on reliability data due to a small body of research at this time. Furthermore, there is a lack of data on the reliability of footprint measurement and comparison techniques in real-world scenarios. Overall, the findings regarding reliability of the techniques covered in this systematic review are to be interpreted with caution due to the methodological quality of reliability testing conducted within the included studies.</p>	

Keywords: Foot; Foot impressions; Footprints; Identification; Measurements; Reliability.

Nirenberg MS, Ansert E, Krishan K, Kanchan T. Two-dimensional metric comparison between dynamic bare and sock-clad footprints for its forensic implications - A pilot study. Sci Justice. 2019 Jan;59(1):46-51.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30654967/>

Footprints may be present at crime scenes as physical evidence. This pilot study compares two-dimensional measurements of bare and sock-clad footprints to determine if significant differences or similarities exist. Dynamic footprints were collected from 30 males and 20 females between the ages of 20 and 61 years old (mean of 28.2 years) using the Identicator Inkless Shoe Print Model LE 25P system. A midgait protocol was employed for obtaining footprints. The fifth and sixth footprint of gait were collected for the right and left foot, respectively, in both sock-clad and barefoot trials. The footprint measurements between sock-clad and bare footprints were compared. The results did not indicate any significant difference ($p > .05$) between bare and sock-clad foot length measurements for right or left feet. Significant differences were seen for the width measurements between bare and sock-clad footprints. These findings have forensic implications, particularly in criminal cases where it is unclear if a footprint impression is from a sock-clad foot or a bare foot. This study shows that such a determination is generally not necessary when utilizing two-dimensional measurements for length comparison between a bare and sock-clad footprint. However, if width measurements are being evaluated, the distinction between bare and sock-clad footprints should be considered.

Keywords: Bare footprints; Footprints; Forensic implications; Forensic podiatry; Sock-clad footprints.

Larsen HJ, Budka M, Bennett MR. Recovery via SfM photogrammetry of latent footprint impressions in carpet. J Forensic Sci. 2021 Jul;66(4):1495-1505.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33847370/>

Abstract

Impression evidence retained in carpet is usually recovered, if at all, in two dimensions via a vertical photograph. Here, we show that recovery is also possible via SfM photogrammetry and this gives good quality results that allow digital measurements both in the x-y plane and by depth (z-axis). This study focuses on recovery from polypropylene carpets which are widespread due to their resistance to wear and low cost. We show how traces can be recovered using both SfM photogrammetry and conventional photography with illumination provided via a crime scene light source. Experiments show that traces are retained for considerable time periods if left undisturbed, in excess of four weeks, but are quickly lost in under 8 hours by subsequent footfall. A simple simulation shows how the movement of an individual can be determined from carpet traces and the value of 3D recovery is illustrated via a set of experiments conducted with barefoot traces. We draw attention to the fact that 3D models allow a more statistical-based approach to be taken to match bare footprints at crime scenes. SfM photogrammetry is shown to provide a useful compliment to existing techniques and therefore worthy of further experimentation and potentially operational use.

Keywords: barefoot impression; carpet; footwear impression; photogrammetry; structure from motion; three-dimensional.

Rogati G, Leardini A, Ortolani M, Caravaggi P. Semi-automatic measurements of foot morphological parameters from 3D plantar foot scans. J Foot Ankle Res. 2021 Mar 17;14(1):18.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33731179/>

Abstract

Background: Foot healthcare research is focusing increasingly on personalized orthotic and prosthetic devices to address patient-specific morphology and ailments. Customization requires advanced 3D image processing tools to assess foot and leg geometrical parameters and alterations. The aim of this study is to present a new software for the measurement of the foot shape from 3D scans of the foot plantar surface.

Methods: A Kinect-based scanning device was used to acquire the 3D foot shape of 44 healthy subjects. A software was developed in Matlab to measure the foot main morphological parameters from foot scans. Principal Component Analysis was used to orientate the foot scans with respect to the same reference system. Accuracy, via percentage errors and Bland-Altman plots, and correlation of the software-based foot parameters were assessed against manual measurements. A normalized Arch Volume Index (nAVI) was proposed and correlated to the traditional Arch Index. Test-retest Intraclass Correlation Coefficient was used to assess the inter-session repeatability of foot measurements.

Results: The average percentage error between software and manual measurements was $1.2 \pm 0.8\%$ for foot length, $9.1 \pm 3.7\%$ for foot width, $22.3 \pm 13.5\%$ for arch height and $23.1 \pm 12.7\%$ for arch depth. Very strong correlations were observed for foot length ($R = 0.97$) and foot width ($R = 0.83$), and strong correlations for arch height ($R = 0.62$) and arch depth ($R = 0.74$). nAVI was negatively correlated to the Arch Index ($R = -0.54$). A small difference was found between software and manual measurements of foot length ($\Delta = 0.92$ mm), a software overestimation of foot width ($\Delta = 8.6$ mm) and underestimation of arch height ($\Delta = -1.4\%$) and arch depth ($\Delta = -11\%$). Moderate to excellent repeatability was observed for all measurements (0.67-0.99).

Conclusions: The present software appears capable to estimate the foot main morphological parameters without the need for skin markers or for identification of anatomical landmarks. Moreover, measurements are not affected by the foot orientation on the scanning device. The good accuracy and repeatability of measurements make the software a potentially useful operator-independent tool for the assessment of foot morphological alterations and for orthotics customization. nAVI may be used for a more realistic classification of foot types when 3D foot images are available.

Keywords: 3D scans; Custom software; Foot; Foot morphological parameters; Medial longitudinal arch.

Reel S, Rouse S, Vernon W, Doherty P. Reliability of a two-dimensional footprint measurement approach. Sci Justice. 2010 Sep;50(3):113-8.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20709270/>

Abstract

Although footprint evidence can be taken from the scene of a crime, the science underpinning such measurement in forensic science has not been fully explored. A literature search revealed various measuring approaches, all of which demonstrated either little or no measurement rigour in terms of reliability. The aim of this study was to apply a robust measurement approach for testing the reliability of two-dimensional footprint impressions. Three dynamic and three static footprints were taken from the right foot of thirty female and thirty one male volunteers using the 'Inkless Shoeprint Kit'. The images were digitised. Lengths, widths and angles were measured using a selection of currently employed methods. An investigation of the reliability of the chosen measuring method suggested high intra-rater agreement: for example, the length measurement suggested an intraclass correlation coefficient (ICC) 0.99, 95% Confidence Interval (CI) -0.28 to 0.01, standard error of measurement (SEM) 0.07, Limits of Agreement (LOA) -0.91 to 0.65. Inter-rater reliability between three operators was also high: SEM ranged from 0.05 mm to 0.07 mm, ICC 0.99. Our study has established a reliable two-dimensional measuring technique that could be used for footprint comparison in further research.

Keywords: Reliability, Bare footprint Measurement Forensic science

Naples VL, Miller JS. Making tracks: the forensic analysis of footprints and footwear impressions. Anat Rec B New Anat. 2004 Jul;279(1):9-15.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15278937/>

Abstract

Analysis of footwear characteristics, impressions, and track ways can provide important evidence in a crime scene investigation. In this article, we present examples of how students can be involved in hands-on laboratory-based activities as a means of introducing the forensic sciences. The teaching methodology employs active learning strategies that allow students to discover scientific principles for themselves, develop techniques of critical thinking and problem solving, and gain appreciation for how knowledge arises. By

including forensic sciences in the science curriculum, students develop an appreciation for the interrelatedness of all the sciences. From this series of activities, i.e., examining analyses of footprint and footwear impressions, students working as teams will gather information, analyze data, and draw conclusions. Moreover, students will be able to assess the significance of the quality and variability in the data collection process as well as learn the value of controls and experimental design through comparison of results with other groups.

Bull PA, Parker A, Morgan RM. The forensic analysis of soils and sediment taken from the cast of a footprint. *Forensic Sci Int.* 2006 Oct 16;162(1-3):6-12.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16919902/>

Abstract

The routine production of a cast of a shoe-print taken in soil provides information other than shoe size and gait. Material adhering to the surface of the cast represents the preservation of the moment of footprint impression. The analysis of the interface between the cast and soil is therefore a potentially lucrative source of information for forensic reconstruction. These principles are demonstrated with reference to a murder case which took place in the English Midlands. The cast of a footprint provided evidence of a two-way transfer of material between the sole of a boot and the soil of a recently ploughed field. Lumps of soil, which had dried on a boot, were deposited on the field as the footprints were made. Pollen analysis of these lumps of soil indicated that the perpetrator of the imprint had been standing recently in a nearby stream. Fibre analysis together with physical and chemical characteristics of the soil suggested a provenance for contamination of this mud prior to deposition of the footprint. Carbon/nitrogen ratios of the water taken from the cast showed that distilled water had been used thus excluding the possibility of contamination of the boot-soil interface. It was possible to reconstruct three phases of previous activity of the wearer of the boot prior to leaving the footprint in the field after the murder had taken place. This analysis shows the power of integrating different independent techniques in the analysis of hitherto unrecognised forensic materials.

Farrugia KJ, Bandey H, Savage K, NicDaéid N. Chemical enhancement of footwear impressions in blood on fabric - part 3: amino acid staining. *Sci Justice.* 2013 Mar;53(1):8-13.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23380056/>

Enhancement of footwear impressions, using ninhydrin or ninhydrin analogues is not considered common practice and such techniques are generally used to target amino acids present in fingermarks where the reaction gives rise to colour and possibly fluorescence. Ninhydrin and two of its analogues were used for the enhancement of footwear impressions in blood on various types, colours and porosities of fabric. Test footwear impressions on fabric were prepared using a specifically built rig to minimise the variability between each impression. Ninhydrin enhancement of footwear impressions in blood on light coloured fabric yielded good enhancement results, however the contrast was weak or non-existent on dark coloured fabrics. Other ninhydrin analogues which have the advantage of fluorescence failed to enhance the impressions in blood on all fabrics. The sequential treatment of impressions in blood on fabric with other blood enhancing reagents (e.g. protein stains and heme reagents) was also investigated.

Buck U, Albertini N, Naether S, Thali MJ. 3D documentation of footwear impressions and tyre tracks in snow with high resolution optical surface scanning. *Forensic Sci Int.* 2007 Sep 13;171(2-3):157-64.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17161568/>

The three-dimensional documentation of footwear and tyre impressions in snow offers an opportunity to capture additional fine detail for the identification as present photographs. For this approach, up to now, different casting methods have been used. Casting of footwear impressions in snow has always been a difficult assignment. This work demonstrates that for the three-dimensional documentation of impressions in snow the non-destructive method of 3D optical surface scanning is suitable. The new method delivers more detailed

results of higher accuracy than the conventional casting techniques. The results of this easy to use and mobile 3D optical surface scanner were very satisfactory in different meteorological and snow conditions. The method is also suitable for impressions in soil, sand or other materials. In addition to the side by side comparison, the automatic comparison of the 3D models and the computation of deviations and accuracy of the data simplify the examination and delivers objective and secure results. The results can be visualized efficiently. Data exchange between investigating authorities at a national or an international level can be achieved easily with electronic data carriers.

Farrugia KJ, NicDaéid N, Savage KA, Bandey H. Chemical enhancement of footwear impressions in blood deposited on fabric--evaluating the use of alginate casting materials followed by chemical enhancement. Sci Justice. 2010 Dec;50(4):200-4.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21075299/>

Most footwear marks made in blood on a surface such as fabric tend to be enhanced in situ rather than physically recovered using a lifting technique prior to enhancement. This work reports on the use of an alginate material to recover the impressed footwear marks made in blood and deposited on a range of fabric types and colours. The lifted marks were then enhanced using acid black 1 and leuco crystal violet with excellent results. This presents a new method for the lifting and recovery of blood impressions in situ from crime scene followed by subsequent mark enhancement of the lifted impression.

Crews RT, Sayeed F, Najafi B. Impact of strut height on offloading capacity of removable cast walkers. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2012 Aug;27(7):725-30.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22465241/>

Abstract

Background: Reducing weight-bearing stress to diabetic foot ulcers is critical to healing and commonly called offloading. Removable cast walkers are frequently used for offloading; however, patient compliance is often poor. Walkers commonly extend to the knee. Patients complain about walkers' weight and diminished balance with their use. This study compared the offloading capacity of walkers that varied by height. Heights included: knee, ankle, and shoe levels. To ensure a fair comparison the outsole and insole were standardized across the devices.

Methods: Eleven diabetic subjects with moderate to high risk of ulceration were recruited. Subjects completed four 20 m walking trials. Subjects performed one trial with each walker and one trial with an athletic shoe. Primary outcomes focused on plantar loading and were measured by pressure insoles. Secondary outcomes were associated with gait kinematics as collected by body worn sensors.

Findings: Significant differences were found for the peak pressure and pressure time integrals of the different footwear. All walkers performed better than the athletic shoe. The ankle and knee-high devices performed best. Center of mass rotation data showed a trend of the ankle walker yielding a smaller range of motion (18% medial/lateral and 22% anterior/posterior) than the knee level.

Interpretation: The ankle-high walker was able to provide similar offloading capacities as the knee-high walker. The diminished weight, along with potentially improved stability, may result in improved compliance with ankle-high walkers. A study comparing the use of the two devices for treating ulcers is now suggested.

Laskowski GE, Kyle VL. Barefoot impressions--a preliminary study of identification characteristics and population frequency of their morphological features. J Forensic Sci. 1988 Mar;33(2):378-88.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3373155/>

Footprint impressions of 107 male adults ranging in age from 19 to 67 years were recorded and examined. Included in this study were foot impressions from a pair of monozygotic twins as well. The impressions were recorded and converted into a set of indices which essentially are width-versus-length ratios of prominent features of the human foot. These indices were then correlated to yield probability values for use in this study

and for comparison to data published by previous investigators Qamra, Abbott, Lovejoy, Cassidy, and Robbins. Friction ridge minutae were not considered in this study. Crease marks, well impressions, and toe step measurements were considered, but not incorporated in the probability values, because of the unique aspect of these features and the inability, at present, to convert these features to mathematical indices. These features do, however, introduce a subjective nature to the analysis scheme. This study uses the combined index probabilities of foot impressions so that the data generated can be used to assign a given probability that a particular foot impression, even without clear definable individual features, can be linked to the person who made the impression.

4. Selección final de artículos por temática

Los artículos preseleccionados se obtendrán en texto completo y se les aplicarán los siguientes criterios de selección de los artículos de acuerdo a cada temática para la revisión final.

- Se seleccionarán todos los artículos publicados sin restricción en tiempo, idioma y período de publicación.
- Se seleccionarán estudios clínicos e in vitro.

A partir de los artículos preseleccionados, la directora del trabajo seleccionara mediante la estrategia del semáforo, los artículos más relevantes y pertinentes para el desarrollo de este punto temático (**verde**: aprobado- debe buscarse en texto completo; **amarillo**: podría servir descargarlo y sobre artículo completo se define; **rojo**: descartarlo y no descargarlo) – en la tabla 5 se registraron los resaltados en verde y amarillo. (Tabla 5)

TABLA 5. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA.	
TEMÁTICA	Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arandi NZ, Rabi T. TheraCal LC: From Biochemical and Bioactive Properties to Clinical Applications. Int J Dent. 2018; 2018:3484653. 2. Bossù M, Iaculli F, Di Giorgio G, Salucci A, Polimeni A, Di Carlo S. Different Pulp Dressing Materials for the Pulpotomy of Primary Teeth: A Systematic Review of the Literature. J Clin Med. 2020 19;9(3):838. 3. Buonavoglia A, Lauritano D, Perrone D, Ardito F, Troiano G, Dioguardi M, Candotto V, Silvestre FJ, Lo Muzio L. Evaluation of chemical-physical properties and cytocompatibility of TheraCal LC. J Biol Regul Homeost Agents. 2017 Apr-Jun;31(2 Suppl 1):1-9.

4. Camilleri J, Laurent P, About I. Hydration of Biodentine, Theracal LC, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. J Endod. 2014 Nov;40(11):1846-54
5. Camilleri J. Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. Dent Mater. 2014 Jul;30(7):709-15.
6. Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. J Investig Clin Dent. 2017 May;8(2).
7. Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. J Endod. 2001 Jul;27(7):456-8. doi: 10.1097/00004770-200107000-00005. Erratum in: J Endod 2001 Oct;27(10):634.
8. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. J Appl Biomater Funct Mater. 2015 Jan-Mar;13(1):43-60.
9. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. Int Endod J. 2012 Jun;45(6):571-9.
10. Giuliani V, Nieri M, Pace R, Pagavino G. Effects of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate and Aureoseal: an in vitro study. J Endod. 2010 Nov;36(11):1883-6.

5. Proceso de extracción de información de artículos por temática A cada artículo se le extrajeron los datos y la información pertinente que fueron consignados en ficha de extracción de datos uno por artículo para cada temática. Esto con el fin de sustraer de manera organizada la información y facilitar la redacción del artículo final- evitando el plagio.

Ficha bibliográfica con datos a extraer:

Para artículos de investigación

Referencia completa del artículo (vancouver)	
País(es) de origen del artículo	
Objetivo del estudio (en español)	
Tipo de estudio	
Tipo de huella (positivo y negativo) <i>Huellas negativas: Las figuras formadas por hundimiento o depresión sobre el soporte que recibe el objeto que las produce.</i> <i>Huellas positivas: Las formadas por una figura impresa y coloreada sobre alguna superficie por contacto de algún objeto o región del cuerpo humano.</i>	
Tipo de pisada (Pie, zapato, etc.)	
Superficie de donde se levanta la huella (Cemento, nieve, sangre, arena , etc)	
Material o método de impresión o registro de la huella de pisada. (escáner, silicona, yeso, alginato, etc)	
Material en el que se reproduce la huella de pisada	

Impresión 3D, yeso, etc		
Variables evaluada	Descripción de la variable	
	Parámetros de evaluación	
	Instrumento usado para la evaluación	
Pruebas estadísticas utilizadas		
Resultados por variable <i>Descriptivos (Frec y %, promedios y DS)</i> <i>Estadísticos (diferencias significativas)</i>		
Conclusiones		

Para artículos de revisión

Referencia completa del artículo (<i>vancouver</i>)		
País(es) de origen del artículo		
Objetivo del estudio (en español)		
Tipo de estudio		
Tipo de huella (positivo y negativo) <i>Huellas negativas: Las figuras formadas por hundimiento o depresión sobre el soporte que recibe el objeto que las produce.</i> <i>Huellas positivas: Las formadas por una figura impresa y coloreada sobre alguna superficie por contacto de algún objeto o región del cuerpo humano.</i>		
Tipo de pisada (Pie, zapato, etc.)		
Superficie de donde se levanta la huella (Cemento, nieve, sangre, arena, etc)		
Material o método de impresión o registro de la huella de pisada. (escáner, silicona, yeso, alginato, etc)		
Material en el que se reproduce la huella de pisada Impresión 3D, yeso, etc		
Variables evaluada	Descripción de la variable	
	Parámetros de evaluación	
	Instrumento usado para la evaluación	
Pruebas estadísticas utilizadas		
Resultados por variable <i>Descriptivos (Frec y %, promedios y DS)</i> <i>Estadísticos (diferencias significativas)</i>		
Conclusiones		

5. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Debido a que este trabajo es una revisión temática con fines de investigación y su muestra son artículos científicos:

- No tiene ningún tipo de compromiso ético. [*Resolución 8430 de 1993*]
- Se realizará respetando la Propiedad Intelectual de los artículos fuente de información y bajo lo establecido en la *Ley 23 de 1982* sobre derechos de autor, se hará uso del derecho a la cita, es decir, “Citar en una obra, otras obras publicadas, siempre que se indique la fuente y el nombre del autor, a condición que tales citas se hagan conforme a los usos honrados y en la medida justificada por el fin que se persiga”

6. RESULTADOS

A. Resumen de proceso de búsqueda de información

Se realizó una estrategia de búsqueda de información para cada una de las dos temáticas:

1. Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses: Se realizó una búsqueda de artículos bajo los criterios especificados en la tabla 6. A partir de estos se obtuvieron 1,416 resultados de los cuales se eligieron 37 artículos de esta temática debido a su relevancia para el desarrollo de la revisión.

2. Materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses: Se realizó una búsqueda de artículos bajo los criterios especificados en la tabla 7. Con base en estos se obtuvieron 969 publicaciones de las cuales se seleccionaron 20 en base al desarrollo de la temática.

Estrategias de búsqueda

Tabla 6. Estrategia de búsqueda TEMÁTICA 1.

Estrategia de búsqueda	Especificaciones
Base de datos	PubMed
Palabras clave	Insole footprint impressions, Footprint impressions
Estrategia final algoritmo	((footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints)OR (Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)) AND (Impressions OR dental impression OR Dental Impression Technique OR 3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions)
Tipos de estudios	Revisiones sistemáticas de estudios clínicos.
Idioma	sin restricciones de idioma
Periodo de publicación	Todos los artículos publicados hasta junio 2023

Tabla 7. Estrategia de búsqueda TEMÁTICA 2

Estrategia de búsqueda	Especificaciones
Base de datos	PubMed

Palabras clave	Casting procedure, Insole footprint impressions, Footprint impressions, Dental scanner, Intraoral scanning, Intraoral scanners, Medit i500, 3Shape, Carestream CS3600, CS3700, GC Aadva, Planmeca Emerald, iTero Element 2, Aoralscan, CEREC Primescan
Estrategia final algoritmo	((footprint OR Plantar footprint OR Insole footprint OR footwear outsole OR Footwear OR Bare footprints) OR (Forensic podiatry OR Forensic science OR Forensic Sciences)) AND ((3D scanning OR plaster cast OR dental stone OR casting procedure OR Insole footprint impressions OR Footprint impressions OR Dental scanner OR Intraoral scanning OR Intraoral scanners OR Medit i500 OR 3Shape OR Carestream CS3600 OR CS3700 OR GC Aadva OR Planmeca Emerald OR iTero Element 2 OR Aoralscan OR CEREC Primescan))
Tipos de estudios	Revisiones sistemáticas de estudios clínicos.
Idioma	sin restricciones de idioma
Periodo de publicación	Todos los artículos publicados hasta Junio 2023.

Artículos seleccionados por temáticas

Temática 1: Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses.

1. Wiesner S, Tsach T, Belser C, Shor Y. A comparative research of two lifting methods: electrostatic lifter and gelatin lifter. *J Forensic Sci.* 2011 Jan;56 Suppl 1:S58-62.
2. Nirenberg MS, Ansert E, Krishan K, Kanchan T. Two-dimensional metric comparisons between dynamic bare footprints and insole foot impressions-forensic implications. *Sci Justice.* 2020 Mar;60(2):145-150
3. Bates KT, Savage R, Pataky TC, Morse SA, Webster E, Falkingham PL, Ren L, Qian Z, Collins D, Bennett MR, McClymont J, Crompton RH. Does footprint depth correlate with foot motion and pressure? *J R Soc Interface.* 2013 Mar 20;10(83):20130009.
4. Craig CL, Hornsby BM, Riles M. Evaluation and comparison of the electrostatic dust print lifter and the electrostatic detection apparatus on the development of footwear impressions on paper. *J Forensic Sci.* 2006 Jul;51(4):819-26.
5. Krishan K. Establishing correlation of footprints with body weight--forensic aspects. *Forensic Sci Int.* 2008 Jul 18;179(1):63-9.
6. Hong S, Park M. Collection of Wet-Origin Footwear Impressions on Various Surfaces Using an Electrostatic Dust Print Lifter. *J Forensic Sci.* 2018 Sep;63(5):1516-1520.
7. Taylor KM, Krosch MN, Chaseling J, Wright K. A comparison of three shoe sole impression lifting methods at high substrate temperatures. *J Forensic Sci.* 2021 Jan;66(1):303-314.

8. Wiesner S, Izraeli E, Shor Y, Domb A. Lifting bloody footwear impressions using alginate casts followed by chemical enhancement. *J Forensic Sci.* 2013 May;58(3):782-8.
9. Petraco N, Sherman H, Dumitra A, Roberts M. Casting of 3-dimensional footwear prints in snow with foam blocks. *Forensic Sci Int.* 2016 Jun;263:147-151.
10. Qamra SR, Sharma BP, Kaila P. Naked foot marks - a preliminary study of identification factors. *Forensic Sci Int.* 1980 Sep-Oct;16(2):145-52.
11. Crowther M, Reidy S, Walker J, Islam M, Thompson T. Application of non-contact scanning to forensic podiatry: A feasibility study. *Sci Justice.* 2021 Jan;61(1):79-88.
12. Farrugia KJ, NicDaéid N, Savage KA, Bandey H. Chemical enhancement of footwear impressions in blood deposited on fabric--evaluating the use of alginate casting materials followed by chemical enhancement. *Sci Justice.* 2010 Dec;50(4):200-4.
13. Battiest T, Clutter SW, McGill D. A Comparison of Various Fixatives for Casting Footwear Impressions in Sand at Crime Scenes. *J Forensic Sci.* 2016 May;61(3):782-6.
14. Rogati G, Leardini A, Ortolani M, Caravaggi P. Validation of a novel Kinect-based device for 3D scanning of the foot plantar surface in weight-bearing. *J Foot Ankle Res.* 2019 Sep 2;12:46.
15. Larsen HJ, Budka M, Bennett MR. Recovery via SfM photogrammetry of latent footprint impressions in carpet. *J Forensic Sci.* 2021 Jul;66(4):1495-1505
16. Nirenberg MS, Krishan K, Kanchan T. A metric study of insole foot impressions in footwear of identical twins. *J Forensic Leg Med.* 2017 Nov;52:116-121
17. Thompson TJU, Norris P. A new method for the recovery and evidential comparison of footwear impressions using 3D structured light scanning. *Sci Justice.* 2018 May;58(3):237-243
18. Nirenberg MS, Ansert E, Krishan K, Kanchan T. Two-dimensional metric comparison between dynamic bare and sock-clad footprints for its forensic implications - A pilot study. *Sci Justice.* 2019 Jan;59(1):46-51. doi: 10.1016/j.scijus.2018.09.001. Epub 2018 Sep 2. PMID: 30654967.
19. Inoue K, Song YX, Fujii K, Kadokawa A, Kanie T. Consistency of alginate impression materials and their evaluation. *J Oral Rehabil.* 1999 Mar;26(3):203-7. doi: 10.1046/j.1365-2842.1999.00382.x. PMID: 10194727.
20. Alizadeh S, Kose C. Automatic retrieval of shoeprint images using blocked sparse representation. *Forensic Sci Int.* 2017 Aug;277:103-114.

Temática 2: Materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses

1. Leipner A, Baumeister R, Thali MJ, Braun M, Dobler E, Ebert LC. Multi-camera system for 3D forensic documentation. *Forensic Sci Int.* 2016 Apr;261:123-8

2. Rogati G, Leardini A, Ortolani M, Caravaggi P. Validation of a novel Kinect-based device for 3D scanning of the foot plantar surface in weight-bearing. *J Foot Ankle Res.* 2019 Sep 2;12:46.
3. Larsen HJ, Budka M, Bennett MR. Recovery via SfM photogrammetry of latent footprint impressions in carpet. *J Forensic Sci.* 2021 Jul;66(4):1495-1505
4. Hu A, Arnold JB, Causby R, Jones S. The identification and reliability of static and dynamic barefoot impression measurements: A systematic review. *Forensic Sci Int.* 2018 Aug;289:156-164.
5. Errickson D, Carew RM, Collings AJ, Biggs MJP, Haig P, O'Hora H, Marsh N, Roberts J. A survey of case studies on the use of forensic three-dimensional printing in England and Wales. *Int J Legal Med.* 2022 Nov;136(6):1605-1619.
6. Farhan M, Wang JZ, Bray P, Burns J, Cheng TL. Comparison of 3D scanning versus traditional methods of capturing foot and ankle morphology for the fabrication of orthoses: a systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2021 Jan 7;14(1):2.
7. Buck U, Albertini N, Naether S, Thali MJ. 3D documentation of footwear impressions and tyre tracks in snow with high resolution optical surface scanning. *Forensic Sci Int.* 2007 Sep 13;171(2-3):157-64.
8. Thali MJ, Braun M, Buck U, Aghayev E, Jackowski C, Vock P, Sonnenschein M, Dirnhofner R. VIRTOPSY--scientific documentation, reconstruction and animation in forensic: individual and real 3D data based geo-metric approach including optical body/object surface and radiological CT/MRI scanning. *J Forensic Sci.* 2005 Mar;50(2):428-42.
9. Whitson AE, Kocher LM, Pollard J, Nasarwanji M. Method for measuring wear on boot outsoles using a 3D laser scanner. *Footwear Sci.* 2018;10(3):149-155
10. Larsen HJ, Bennett MR. Recovery of 3D footwear impressions using a range of different techniques. *J Forensic Sci.* 2021 May;66(3):1056-1064.
11. Carew RM, French JC, Morgan RM. 3D forensic science: A new field integrating 3D imaging and 3D printing in crime reconstruction. *Forensic Science International: Synergy.* 2021 Jan 1;3:100205–5.
12. Liao YH, Hyun JS, Feller M, Bell T, Bortins I, Wolfe J, Baldwin D, Zhang S. Portable high-resolution automated 3D imaging for footwear and tire impression capture. | *Forensic Sci.* 2021 Jan;66(1):112-128.

b. Resultados del proceso de extracción de información.

A partir de los artículos seleccionados para cada temática se extrajeron en fichas bibliográficas los datos más relevantes para artículos originales: *Referencia completa (Vancouver), País de origen, tipo de huella, tipo de pisada, superficie donde se levanta la huella, material o método de impresión o registro de la huella de pisada, material en el que se*

reproduce la huella de pisada, variables evaluadas (descripción, parámetros de evaluación, instrumentos para evaluación), análisis estadístico; resultados por variable y conclusiones.

En la temática 1: Se realizaron un total de 20 fichas bibliográficas que incluyeron: *Referencia completa (Vancouver), País de origen, tipo de huella, tipo de pisada, superficie donde se levanta la huella, material o método de impresión o registro de la huella de pisada, material en el que se reproduce la huella de pisada, variables evaluadas (descripción, parámetros de evaluación, instrumentos para evaluación), análisis estadístico; resultados por variable y conclusiones.*

En la temática 2: Se realizaron un total de 12 fichas bibliográficas que incluyeron: *Referencia completa (Vancouver), País de origen, tipo de huella, tipo de pisada, superficie donde se levanta la huella, material o método de impresión o registro de la huella de pisada, material en el que se reproduce la huella de pisada, variables evaluadas (descripción, parámetros de evaluación, instrumentos para evaluación), análisis estadístico; resultados por variable y conclusiones.*

7. CONCLUSIONES

A partir de la revisión de la primera temática la cual fue Características y precisión de los materiales o métodos de impresión usados en identificación de huella/pisadas con fines forenses, se puede afirmar que el proceso para todas las huellas de zapatos no es el mismo (Wiesner, 2011), sin embargo, se evidencia que el material de impresión de odontología más usado para la obtención de huellas/pisadas con fines forenses es el alginato. El alginato es un material simple y eficaz para eliminar la impresión de calzado con sangre, revelando más detalles para fines de comparación y reduciendo el ruido de fondo. En ciertos casos, el levantamiento de las impresiones del calzado con alginato y su posterior mejora incluso expusieron minucias significativas que no se observaron en el sustrato original, por tanto, se recomienda probar el alginato en un área de control de la exhibición antes de usarlo en la impresión del calzado (Wiesner, 2016). Otros autores también afirman que los alginatos son una técnica disponible para la recuperación de impresiones de sangre. Pueden prepararse y aplicarse fácilmente en la escena del crimen si el artículo no puede trasladarse al laboratorio (Farrugia, 2010).

Por otro lado, el uso de fotografías podría considerarse excelente para capturar evidencias (Crowther, 2021). En cuanto a modelos 3D, el uso de un escáner de luz estructurada 3D es una opción viable cuando es necesario recuperar pruebas de impresiones en la escena de un crimen (Thompson, 2018). Otros métodos como el escáner de pie 3D basado en Kinect mostró una repetibilidad intraoperador óptima y su precisión parece adecuada para obtener escaneos 3D de la superficie plantar del pie adecuados para diferentes aplicaciones clínicas. Este dispositivo podría representar una alternativa válida y de bajo costo a los costosos escáneres láser y podría usarse para mediciones automáticas del pie, lo que respaldaría el diseño de plantillas y calzado personalizados (Rogati, 2019).

A partir de la segunda temática la cual fue Materiales o métodos de impresión usados en odontología podrían ser usados para la identificación de huella/pisadas con fines forenses, se observó que la calidad y cantidad de literatura que compara la velocidad, precisión y confiabilidad del escaneo 3D con los métodos tradicionales de capturar la morfología del pie y el tobillo es baja, no obstante, el escaneo 3D parece ser más rápido, especialmente para

usuarios experimentados; aunque la precisión y confiabilidad entre los métodos son variables. (Farhan M, 2021). En un estudio Larsen HJ y colaboradores demostraron que las visualizaciones de las características de clase creadas por las suelas se ven favorecidas por la fotogrametría 3D SfM o la fotografía 2D. Las técnicas de Casting y 3D SfM proporcionan una mejor visualización de características adquiridas aleatoriamente donde el uso del tacto en el caso de moldes y diferentes profundidades de color en la visualización de modelos digitales 3D cobra importancia (Larsen HJ, 2021).

Los sistemas de imágenes 3D proporcionan detalles iguales o mejores que los de un modelo físico y es invaluable no sólo para fines de comparación sino también como ayuda de investigación. En comparación con la práctica actual de fundición, esta tecnología demuestra su superioridad porque no es destructiva; recoge más detalles de evidencia que los moldes, especialmente cuando una impresión es frágil y da como resultado un archivo digital que se puede compartir fácilmente con otros examinadores. Por lo tanto, esta tecnología promete ser transformadora para el campo, ya que permite una recopilación rápida y comparable de detalles de impresiones en 3D con una formación mínima. (Liao YH, 2021). Se destaca la evolución de la ciencia forense hacia la utilización de herramientas tridimensionales (3D) en la escena del crimen y el análisis de materiales forenses. Se establece el campo emergente de la 'Ciencia Forense 3D' (3DFS), que integra imágenes e impresión 3D en la reconstrucción del crimen. Es importante considerar 3DFS como un campo distinto de especialización y de interés especial. Es un campo interdisciplinario de ciencia forense que abarca la aplicación de técnicas 3D para fines de reconstrucción de delitos (Carew, 2021).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arandi NZ, Rabi T. TheraCal LC: From Biochemical and Bioactive Properties to Clinical Applications. *Int J Dent.* 2018; 2018:3484653.
2. Barros F, Kuhnen B, Serra M & Fernandes C. Ciencias forenses: principios éticos y sesgos. *Rev. bioét. (Impr.).* 2021; 29 (1): 55-65
3. Bodziak WJ. *Forensic footwear evidence.* Boca Raton US: Taylor & Francis Group, LLC; 2017.
4. Bossù M, Iaculli F, Di Giorgio G, Salucci A, Polimeni A, Di Carlo S. Different Pulp Dressing Materials for the Pulpotomy of Primary Teeth: A Systematic Review of the Literature. *J Clin Med.* 2020 19;9(3):838.
5. Brenner JC. *Forensic Science. An Illustrated Dictionary.* Boca Raton US: CRC Press LLC; 2004.
6. Buck U, Albertini N, Naether S, Thali MJ. 3D documentation of footwear impressions and tyre tracks in snow with high resolution optical surface scanning. *Forensic Sci Int.* 2007 Sep 13;171(2-3):157-64.
7. Buonavoglia A, Lauritano D, Perrone D, Ardito F, Troiano G, Dioguardi M, Candotto V, Silvestre FJ, Lo Muzio L. Evaluation of chemical-physical properties and cytocompatibility of TheraCal LC. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2017 Apr-Jun;31(2 Suppl 1):1-9.
8. Camilleri J, Laurent P, About I. Hydration of Biodentine, Theracal LC, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. *J Endod.* 2014 Nov;40(11):1846-54
9. Camilleri J. Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. *Dent Mater.* 2014 Jul;30(7):709-15.
10. Congreso de la República de Colombia. Ley 23 de 1982 del 28 de enero. *Diario Oficial de la República de Colombia No. 35.949 de 19 de febrero de 1982.*
11. Daniel O, Levi A, Chaikovsky A, Cohen Y. Digitally processing an image of a shoe impression in blood. *J Forensic Sci.* 2021 May;66(3):1143-1147.
12. Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent.* 2017 May;8(2).
13. Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endod.* 2001 Jul;27(7):456-8. doi: 10.1097/00004770-200107000-00005. Erratum in: *J Endod* 2001 Oct;27(10):634.

14. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2015 Jan-Mar;13(1):43-60.
15. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *Int Endod J*. 2012 Jun;45(6):571-9.
16. Giuliani V, Nieri M, Pace R, Pagavino G. Effects of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate and Aureoseal: an in vitro study. *J Endod*. 2010 Nov;36(11):1883-6.
17. Guzman C. *Manual de criminalística*. Buenos Aires Argentina: La Rocca; 2000.
18. Ministerio de Salud. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Resolución 8430 de 1993. Bogotá: Ministerio de Salud-República de Colombia. 1993.
19. Mukhra R, Krishan K, Nirenberg MS, Ansert E, Kanchan T. The contact area of static and dynamic footprints: Forensic implications. *Sci Justice*. 2021 Mar;61(2):187-192.
20. Nirenberg MS, Ansert E, Krishan K, Kanchan T. Two-dimensional metric comparisons between dynamic bare footprints and insole foot impressions-forensic implications. *Sci Justice*. 2020 Mar;60(2):145-150. doi: 10.1016
21. Park S, Carriquiry A. A database of two-dimensional images of footwear outsole impressions. *Data Brief*. 2020 Apr 14;30:105508. doi: 10.1016
22. Petraco N, Sherman H, Dumitra A, Roberts M. Casting of 3-dimensional footwear prints in snow with foam blocks. *Forensic Sci Int*. 2016 Jun;263:147-151.
23. Speir JA, Richetelli N, Fagert M, Hite M, Bodziak WJ. Quantifying randomly acquired characteristics on outsoles in terms of shape and position. *Forensic Sci Int*. 2016 Sep;266:399-411