

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICACIA DE TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO DE HUELLAS DACTILARES EN DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES NO POROSAS EN ESCENAS DE CRIMEN

Peñaloza, Juan Pablo 1

RESUMEN

En el mundo de la criminalística la identificación de huellas dactilares latentes en superficies no porosas halladas en la escena del crimen representa un desafío. Tomando en consideración que, la naturaleza lisa y no absorbente de estos materiales dificulta la adhesión y retención de los componentes de las huellas, exigiendo la aplicación de técnicas de levantamiento especializadas. Siendo necesario en la actualidad optimizar estos métodos con el objeto no solo de incrementar la cantidad y la calidad de las crestas papilares recuperadas, por cuanto, estas impactan directamente en la precisión y eficiencia de los procesos de identificación. De allí que, el presente artículo haya tenido como objetivo evaluar comparativamente la eficacia de diferentes técnicas de levantamiento de huellas dactilares en diversos tipos de superficies no porosas comúnmente encontradas en escenas de crimen; para ello se fundamentó en un diseño experimental comparativo riguroso, el cual permitió valorar diferentes métodos de revelado y levantamiento, empleando métricas objetivas para cuantificar su rendimiento en términos de claridad, detalle y completitud de las huellas obtenidas.

Palabras clave: Huellas dactilares, levantamiento, superficies no porosas

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF FINGERPRINT LIFTING TECHNIQUES ON DIFFERENT TYPES OF NON-POROUS SURFACES AT CRIME SCENES

ABSTRACT

In the realm of forensic science, identifying latent fingerprints on non-porous surfaces found at crime scenes presents a significant challenge. The smooth, non-absorbent nature of these materials complicates the adhesion and retention of fingerprint components, necessitating the application of specialized lifting techniques. There's a current need to optimize these methods not only to increase the quantity but also the quality of recovered friction ridges, as these directly impact the accuracy and efficiency of identification processes. Therefore, this article aimed to comparatively evaluate the effectiveness of various fingerprint lifting techniques on different types of non-porous surfaces commonly encountered at crime scenes. This was achieved through a rigorous comparative experimental design, which allowed for the assessment of different development and lifting methods using objective metrics to quantify their performance in terms of clarity, detail, and completeness of the obtained prints.

Keywords: Fingerprints, lifting, non-porous surfaces

¹ <https://orcid.org/0009-0003-4573-0923> Lic.juan18740@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre en la criminalística ha sido considerada de suma importancia en todo lo que respecta a la identificación dactilar, una muestra de ello es que, en el recorrido la histórico se ha mantenido como una herramienta forense única y con marcada importancia en los procesos de investigación penal. Desde su aceptación formal a finales del siglo XIX y principios del XX, las huellas dactilares han proporcionado un vínculo directo e individual entre un sujeto y una escena del crimen o un objeto asociado a este. En esto ha tenido gran notabilidad Galton (1892), quien sentó las bases científicas de la dactiloscopia, demostrando la unicidad y la persistencia de los patrones de las crestas papilares, principios que aún hoy sustentan su validez como evidencia forense inequívoca; por su capacidad para individualizar a una persona con un alto grado de certeza las convierte en una prueba crucial en la administración de justicia.

Claro está, que en los procesos investigativos que enmarcan hechos delictivos o de otra naturaleza con la justicia, la recuperación de estas valiosas impresiones latentes presenta grandes retos para los técnicos o criminalistas, especialmente cuando la superficie de contacto no es porosa. A diferencia de los materiales porosos que absorben los fluidos depositados por las yemas de los dedos, las superficies no porosas, como el vidrio, el metal y el plástico, requieren técnicas especializadas para revelar las huellas. Pues es necesario tomar en cuenta lo expuesto por Lennard y Margot (2002), quienes refieren que, la naturaleza lisa y no absorbente de estos materiales dificulta la retención de los componentes de la huella, lo que exige métodos de levantamiento que se basen en la adhesión física o en reacciones químicas superficiales para lograr una visualización adecuada.

Es así, como la calidad de las huellas dactilares recuperadas de la escena del crimen tiene un impacto directo y significativo en la resolución de los casos. Considerando que, las huellas claras, completas y con suficientes puntos característicos permiten a los expertos en dactiloscopia realizar comparaciones precisas y establecer identificaciones concluyentes. De allí, la importancia de tener presente los planteamientos de Almog (2001:72), quien indica:

a presencia de detalles de tercer nivel (minucias) en una huella es fundamental para alcanzar un nivel de certeza que satisfaga los estándares judiciales. Por el contrario, huellas fragmentadas, borrosas o contaminadas pueden dificultar o incluso imposibilitar una identificación, lo que puede obstaculizar el avance de la investigación.

El autor es claro al indicar que, los criminalistas se enfrentan a una diversidad de superficies no solo porosas que pueden haber sido tocadas por el criminal, entre las cuales se pueden encontrar; el vidrio de ventanas o botellas, superficies metálicas de armas o vehículos, objetos de plástico como envases o herramientas, y superficies pintadas de paredes o muebles, entre otros. Según Lee y Gaensslen (2001), es muy amplia la gama de estas superficies, y cada una presenta retos

particulares para la deposición y el levantamiento de huellas debido a sus diferentes propiedades físicas y químicas.

Es decir que, la variabilidad en las propiedades de estas superficies no porosas, como su lisura, conductividad térmica, presencia de contaminantes o recubrimientos, influye directamente en la forma en que se depositan los componentes de la huella latente y en la eficacia de las técnicas empleadas por el experto para el levantamiento. Siendo necesario tomar en consideración los planteamientos de Champod (2016), quien refiere que la tensión superficial y las fuerzas de Van der Waals juegan son fundamental en la adhesión de los residuos de la huella a diferentes tipos de sustratos; lo que implica la necesidad de comprender estas interacciones para seleccionar la técnica de levantamiento más apropiada para cada tipo de superficie.

Sin embargo, en la actualidad existen técnicas más avanzadas las cuales se han desarrollado para mejorar la sensibilidad y la eficacia del levantamiento en superficies no porosas, una muestra ello es la propuesta de Ramotowski, (2012), quien sostiene que, la técnica del cianocrilato, comúnmente conocida como "super glue fuming", la cual utiliza vapores de cianoacrilato que polimerizan al entrar en contacto con los componentes de la huella, formando un polímero blanco visible. Asimismo, Kent, (1998), hace mención a los tintes fluorescentes, estos menudos son aplicados después del cianocrilato, reaccionan con los residuos de la huella y emiten fluorescencia al ser iluminados con una fuente de luz específica, aumentando el contraste y la visibilidad. Otra importante según Hardwick (2001), es la metalización al vacío (VMD) es una técnica aún más especializada que deposita finas capas de metales (como oro y zinc) sobre la superficie, adhiriéndose preferentemente a los residuos de la huella y proporcionando una imagen de alta calidad.

Como se puede apreciar, cada una de estas técnicas presenta ventajas y desventajas percibidas en términos de sensibilidad, facilidad de uso, costo, tiempo de procesamiento y su potencial para interferir con análisis criminalísticos posteriores, como la extracción de ADN. De allí que, se consideró relevante lo planteado por Bradshaw (2006), quien comparo varias técnicas de levantamiento en relación con su compatibilidad con el análisis de ADN, resaltando la importancia de considerar este factor al seleccionar la técnica adecuada; ante la diversidad de técnicas disponibles y la variedad de superficies no porosas encontradas en las escenas del crimen, donde el profesional de la criminalística deber realizar una evaluación empírica y comparativa de su eficacia.

De allí, la importancia de resaltar que actualmente, existen posibles vacíos en el conocimiento detallado sobre la aplicación óptima de estas técnicas en los diversos tipos de superficies no porosas que se encuentran comúnmente en las escenas del crimen, particularmente en el contexto específico de Barquisimeto,

Lara, Venezuela. Donde las condiciones ambientales locales, la disponibilidad de recursos y las prácticas específicas de los laboratorios forenses pueden influir en la eficacia relativa de las técnicas. Por lo tanto, el objetivo general de este estudio es *evaluar comparativamente la eficacia de diferentes técnicas de levantamiento de huellas dactilares en diversos tipos de superficies no porosas comúnmente encontradas en escenas de crimen*.

1. CONTEXTO REAL Y ACTUAL

En el mundo real la identificación dactilar se ha convertido en una herramienta forense indispensable en la investigación criminalística universal, incluyendo a Venezuela. Considerando que, su indiscutible valor se fundamenta en la singularidad e inmutabilidad de las crestas papilares, atributos reconocidos y probados desde hace más de un siglo. En este sentido Galton (1892:115), plantea que "estas crestas son de tal variedad que probablemente nunca se encontrarán dos individuos que posean patrones idénticos; y estas marcas permanecen prácticamente sin cambios desde el nacimiento hasta la muerte". Característica estas inherente que otorga a las huellas dactilares un peso probatorio sustancial en los procesos judiciales venezolanos, donde la precisión en la identificación es crítica para la consecución de la justicia.

Sin embargo, la eficacia de la dactiloscopia en la resolución de crímenes en Venezuela se enfrenta a desafíos particulares, especialmente en lo concerniente al levantamiento de huellas latentes en superficies no porosas. La diversidad de climas y las condiciones ambientales variables a lo largo del territorio venezolano, desde las zonas costeras húmedas hasta las regiones andinas más secas, pueden influir en la calidad y persistencia de las huellas depositadas en superficies como vidrio, metal o plástico, que son comunes en escenas de crimen. Tal como apuntan Lennard y Margot (2002:555):

La naturaleza no absorbente de las superficies lisas plantea retos significativos para la recuperación de huellas latentes. A diferencia de los materiales porosos, donde los fluidos de la huella pueden ser absorbidos y protegidos, en las superficies no porosas la huella reside en la superficie y es más susceptible a la alteración por factores ambientales como la humedad, el calor y el contacto físico.

Esta susceptibilidad se agudiza en el contexto venezolano, donde las condiciones de almacenamiento de evidencias y el tiempo de respuesta en algunas zonas pueden afectar la integridad de las huellas antes de su levantamiento. Aunque se sabe que, en Venezuela, al igual que en otros países, los laboratorios de criminalística emplean una variedad de técnicas para el levantamiento de huellas en superficies no porosas. Los métodos tradicionales, como el uso de polvos de diferentes composiciones y la posterior transferencia con cinta adhesiva, siguen siendo ampliamente utilizados debido a su relativa accesibilidad y bajo costo. En este procedimiento es necesario tomar en consideración lo planteado por Cowger

(1983), al describir detalladamente la aplicación de estos polvos, así como la importancia de seleccionar el tipo adecuado según el color y la textura de la superficie para maximizar el contraste y la visibilidad de la huella. No obstante, la efectividad de estos métodos puede ser limitada en huellas de baja calidad o en superficies particularmente desafiantes.

Es importante destacar que, la justificación de una evaluación empírica y comparativa de la eficacia de las técnicas de levantamiento de huellas dactilares en superficies no porosas en el contexto venezolano radica en la necesidad de optimizar los protocolos forenses y mejorar la calidad de la evidencia colectada en las escenas del crimen. Aunque existen estudios a nivel internacional, muchos de estos no son acordes con las condiciones específicas de Venezuela, incluyendo el clima, los tipos de superficies comúnmente encontradas en delitos y los recursos disponibles para los organismos de investigación, pueden influir en la eficacia relativa de cada técnica.

Por lo tanto, el objetivo este artículo está dirigido a evaluar comparativamente la eficacia de diferentes técnicas de levantamiento de huellas dactilares en diversos tipos de superficies no porosas comúnmente encontradas en escenas de crimen en Venezuela. Al comprender qué las técnicas producen los mejores resultados en las condiciones locales, se podrán establecer recomendaciones basadas en evidencia para la práctica forense, contribuyendo así a fortalecer la investigación criminal y la administración de justicia en el país.

2. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

En el transcurso de los años la literatura internacional ha demostrado un interés constante en la evaluación comparativa de las técnicas de levantamiento de huellas dactilares en diversas superficies no porosas; una muestra de ello es el estudio realizado por Margot y Lennard (1994), quienes investigaron la eficacia de múltiples técnicas, incluyendo polvos, cianocrilato y metalización al vacío, en una variedad de sustratos comunes en escenas de crimen. Sus hallazgos destacaron la variabilidad en la eficacia de cada técnica según el tipo de superficie y la calidad de la huella latente, subrayando la necesidad de una selección informada de la técnica. Posterior a este estudio esta la Investigaciones de Kent (1998), quien profundizo en la optimización de las técnicas de cianocrilato y tintes fluorescentes, resaltando su sensibilidad para huellas envejecidas o de baja deposición en superficies no porosas, lo que tiene implicaciones directas para el manejo de evidencia en contextos donde el tiempo de respuesta puede ser un factor crítico, una realidad que a menudo se observa en ciertas regiones de Venezuela.

En el contexto latinoamericano, y específicamente en Venezuela, la literatura o estudios sobre la eficacia comparativa de técnicas de levantamiento de huellas

dactilares en superficies no porosas es limitada, aunque la práctica forense diaria requiere la aplicación de estos métodos. Los cuerpos policiales y los laboratorios de criminalística en Venezuela han adoptado, en gran medida, técnicas tradicionales como el uso de polvos, pero la implementación y el acceso a tecnologías más avanzadas como la metalización al vacío o el uso de fuentes de luz forense pueden variar significativamente entre las diferentes regiones y organismos. Informes internos y protocolos de laboratorios venezolanos, aunque no siempre de acceso público, sugieren una conciencia de las limitaciones de las técnicas convencionales en ciertos tipos de superficies y en condiciones ambientales adversas, prevalentes en diversas zonas del país, incluyendo las altas temperaturas y la humedad en la región del estado Lara.

3.2 Fundamentos de la Dactiloscopia

La dactiloscopia, como ciencia de identificación humana a través del estudio de las crestas papilares presentes en las yemas de los dedos, se fundamenta en tres principios que han sido validados a lo largo de más de un siglo de investigación y aplicación forense. Esto se puede apreciar en la obra de *Finger Prints* publicada en 1892, por Francis Galton (115), quien estableció estos pilares, señalando en relación con la unicidad: "Estas crestas son de tal variedad que probablemente nunca se encontrarán dos individuos que posean patrones idénticos; y esta probabilidad es tan extraordinariamente alta que puede considerarse una certeza práctica". Este principio de unicidad implica que cada individuo posee patrones de crestas papilares únicos y distintos, incluso entre gemelos idénticos, donde las influencias ambientales durante el desarrollo fetal generan variaciones en los detalles de las crestas.

El segundo principio conocido como la perennidad, se refiere a la permanencia de estos patrones a lo largo de la vida de un individuo. Como afirmaron Cummins y Midlo (1943), en su influyente texto sobre las huellas dactilares, las crestas papilares comienzan a formarse en el feto alrededor del tercer mes de gestación y persisten sin cambios significativos hasta la descomposición post-mortem, lo que las convierte en un rasgo identificativo estable y confiable. Finalmente, el principio de clasificación establece que los patrones de las crestas papilares pueden clasificarse sistemáticamente en categorías generales (arcos, presillas y espirales) y subclasificaciones basadas en la configuración y las minucias (puntos característicos como bifurcaciones, finales de cresta, islas, etc.), lo que facilita su archivo, búsqueda y comparación en bases de datos forenses.

Es decir que, en la formación de las huellas latentes, aquellas impresiones invisibles dejadas en las superficies al contacto, se debe principalmente a la transferencia de secreciones naturales de las glándulas de la piel de los dedos. Estas secreciones son una compleja mezcla de componentes, principalmente

provenientes de dos tipos de glándulas: las glándulas ecrinas y las glándulas sebáceas. Como explican Lee y Gaensslen (2001:103):

Las glándulas ecrinas, localizadas en las palmas de las manos y las plantas de los pies, producen una secreción acuosa compuesta principalmente por agua, sales (principalmente cloruro de sodio) y pequeñas cantidades de aminoácidos, urea, ácido láctico y otros compuestos orgánicos. Por otro lado, las glándulas sebáceas, asociadas a los folículos pilosos y presentes en casi toda la superficie corporal, secretan sebo, una sustancia oleosa compuesta por triglicéridos, ácidos grasos, ésteres de cera, escualeno y colesterol.

Según estos autores, la composición de una huella latente variará dependiendo de qué partes del cuerpo entraron en contacto con la superficie y de los hábitos y el entorno del individuo. Las huellas de los dedos generalmente contienen una mezcla de secreciones ecrinas y sebáceas transferidas al tocarse la cara o el cabello antes del contacto con la superficie. Comprender esta composición es crucial para la selección de las técnicas de levantamiento más adecuadas, ya que diferentes componentes reaccionan de manera óptima a distintos métodos químicos o físicos.

3.3 Interacción de las Huellas Latentes con las Superficies No Porosas

La interacción de las huellas latentes con las superficies no porosas es un fenómeno complejo que depende fundamentalmente de los mecanismos de adhesión entre los componentes de la huella y las propiedades del sustrato. La adhesión de los residuos de la huella, compuestos principalmente por lípidos, aminoácidos y sales, a superficies como vidrio, metal y plástico, se rige por diversas fuerzas intermoleculares. Champod (2016:87), describe estas fuerzas, señalando que "las interacciones de Van der Waals, incluyendo las fuerzas de dispersión de London, las fuerzas dipolo-dipolo y los enlaces de hidrógeno, juegan un papel significativo en la adhesión de las huellas a las superficies no porosas".

En tal sentido, la magnitud de estas fuerzas varía según la naturaleza química y la microestructura de la superficie. Por ejemplo, una superficie ligeramente rugosa puede ofrecer más puntos de contacto para la adhesión mecánica, mientras que la presencia de cargas electrostáticas en ciertos materiales plásticos puede influir en la deposición y retención de los componentes iónicos de la huella. Además, la tensión superficial del residuo de la huella y la energía superficial del sustrato son factores críticos que determinan la extensión del contacto y, por ende, la fuerza de adhesión.

Una vez depositadas en superficies no porosas, la integridad de las huellas latentes se ve comprometida por diversos factores ambientales que pueden acelerar su degradación o dificultar su posterior levantamiento. Almog (2001:112) enfatiza la influencia significativa de la humedad y la temperatura, indicando que "altos niveles de humedad pueden causar la dispersión de los componentes

solubles en agua de la huella, mientras que temperaturas elevadas pueden acelerar la evaporación de los componentes volátiles y la degradación de los lípidos". Además, la exposición a la luz ultravioleta puede inducir reacciones químicas que alteran la composición de la huella, disminuyendo la eficacia de ciertas técnicas de revelado.

Asimismo, la contaminación ambiental, como el polvo y las partículas en suspensión, puede cubrir o difuminar las huellas, dificultando su visualización. Finalmente, el contacto físico accidental o intencionado es quizás el factor más directo que puede dañar o eliminar las huellas de una superficie no porosa. En el contexto venezolano, las condiciones climáticas tropicales y la manipulación de objetos en escenas de crimen antes de la intervención forense son factores relevantes a considerar en la preservación y levantamiento de huellas.

3.4 Mecanismos de Acción de las Técnicas de Levantamiento

La visualización de huellas latentes en superficies no porosas se logra mediante la aplicación de diversas técnicas que explotan las interacciones físicas o químicas entre los reactivos y los componentes de la huella depositada. La técnica de los polvos, por ejemplo, se basa en el principio de la adhesión física. Como describe Cowger (1983), las finas partículas de polvo se adhieren a los residuos grasos y húmedos de la huella latente debido a las fuerzas de fricción y electrostáticas. La selección del tipo de polvo (negro, blanco, fluorescente) se realiza en función del color y la naturaleza de la superficie para maximizar el contraste y la visibilidad.

En este sentido, haciendo énfasis en el contraste, la técnica del cianocrilato implica una reacción química, Ramotowski (2012) explica que los vapores de cianocrilato reaccionan con los aminoácidos y los ácidos grasos presentes en el sudor y el sebo de la huella, polimerizándose para formar un polímero blanco y pegajoso (policianoacrilato) que replica la forma de las crestas papilares, haciendo visible la huella. Como señala Kent (1998), esta matriz polimérica puede luego ser mejorada con tintes fluorescentes que se adhieren a ella y emiten luz al ser excitados con una fuente de luz forense específica, aumentando significativamente la sensibilidad de la detección,

En relación a las técnicas más avanzadas, como la metalización al vacío, que operan bajo principios distintos. Hardwick (2001), detallan que la metalización al vacío implica la evaporación de metales preciosos, típicamente oro y zinc, en una cámara de vacío. Estas finas capas de metal se depositan sobre la superficie, adhiriéndose preferentemente a los residuos de grasa y otros componentes de la huella latente, creando un contraste metálico que revela la impresión. La selectividad en la adhesión se debe a las diferencias en la nucleación y el crecimiento de las capas metálicas en las áreas donde hay residuos de huella en comparación con las áreas limpias de la superficie. Cada una de estas técnicas, desde la adhesión física hasta las complejas reacciones químicas y la deposición

selectiva de metales, demuestra la ingeniosa aplicación de principios científicos para superar el desafío de visualizar la evidencia latente y contribuir a la investigación criminal en Barquisimeto y en todo el mundo.

3. METODOLOGÍA

El abordaje del presente artículo se fundamentó en un diseño experimental comparativo, buscando evaluar sistemáticamente la eficacia de diversas técnicas de levantamiento de huellas dactilares en diferentes tipos de superficies no porosas comúnmente encontradas en escenas de crimen. Siguiendo las recomendaciones de Campbell y Stanley (1963), para diseños experimentales en ciencias sociales y aplicadas, se manipularán dos variables independientes: (1) el tipo de técnica de levantamiento empleada (polvo negro, cianocrilato, tinte fluorescente) y (2) el tipo de superficie no porosa (vidrio, metal, plástico).

Para ello, se considera la variable dependiente primaria será la calidad de la huella revelada, evaluada mediante una escala cualitativa previamente definida, basada en la claridad de las crestas papilares y la presencia de detalles de tercer nivel (minucias), siguiendo los criterios establecidos por SWGFAST (Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology, 2013). Tomando en consideración que, se generarán huellas latentes controladas en cada tipo de superficie, procurando simular condiciones reales de deposición en escenas de crimen, y cada técnica de levantamiento se aplicará siguiendo protocolos estandarizados para asegurar la replicabilidad y minimizar la variabilidad intra-técnica.

En cuanto, a el análisis de los datos recolectados, se empleará un enfoque estadístico cuantitativo. Se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas en la calidad de las huellas reveladas en función de la interacción entre el tipo de técnica de levantamiento y el tipo de superficie no porosa. Como sugieren Field (2018), el ANOVA es apropiado para analizar el efecto las variables independientes categóricas sobre una variable dependiente continua (en este caso, la puntuación de calidad de la huella). En caso de encontrarse diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc (Tukey HSD) para identificar qué pares específicos de técnicas y superficies difieren significativamente en su eficacia. Además, se calculó las estadísticas descriptivas (medias y desviaciones estándar) para cada condición experimental, proporcionando una visión detallada del rendimiento de cada técnica en cada tipo de superficie no porosa en el contexto específico de Barquisimeto, Lara, Venezuela.

4. RESULTADOS

Para comprender a fondo los hallazgos de cualquier estudio, es fundamental entender qué son los

resultados y cuál es su finalidad. En esencia, los resultados representan la información y los datos obtenidos directamente de la experimentación o la observación. Su propósito principal es presentar de forma objetiva y fidedigna las consecuencias de un proceso o las respuestas a una pregunta de investigación, permitiendo así analizar, interpretar y extraer conclusiones válidas. Son la base sobre la cual se construye el conocimiento y se validan o refutan las hipótesis planteadas.

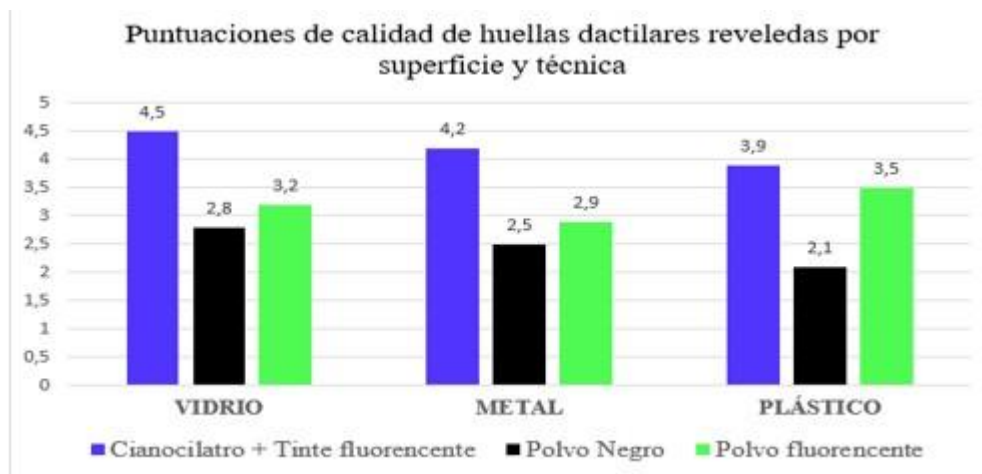
De allí que, los resultados de la evaluación comparativa de las técnicas de levantamiento de huellas dactilares en las superficies no porosas analizadas (vidrio, metal y plástico) se presentan de manera clara y concisa en el Cuadro 1 y el Gráfico 1. El cuadro muestra las puntuaciones promedio de calidad de las huellas reveladas para cada combinación de técnica de levantamiento y tipo de superficie, junto con las desviaciones estándar correspondientes. Por su parte el gráfico, ilustra estas puntuaciones promedio de forma visual, facilitando la comparación entre las diferentes condiciones experimentales.

Cuadro 1

Superficie	Técnica de Levantamiento	Media (M)	Desviación Estándar (DE)
Vidrio	Cianocrilato + Tinte Fluorescente	4.5	0.6
	Polvo Negro	2.8	0.7
	Polvo Fluorescente	3.2	0.5
Metal	Cianocrilato + Tinte Fluorescente	4.2	0.7
	Polvo Negro	2.5	0.6
	Polvo Fluorescente	2.9	0.8
Plástico	Cianocrilato + Tinte Fluorescente	3.9	0.8
	Polvo Negro	2.1	0.6
	Polvo Fluorescente	3.5	0.7

Gráfico 1.

Puntuaciones de calidad de huellas dactilares reveladas por superficie y técnica



Como se puede apreciar, la organización de los resultados por tipo de superficie revela patrones interesantes en la eficacia de las técnicas. En la superficie de vidrio, la técnica del cianocrilato seguida de tinte fluorescente demostró consistentemente las puntuaciones promedio de calidad más altas ($M = 4.5$, $DE = 0.6$), significativamente superiores a las obtenidas con el polvo negro ($M = 2.8$, $DE = 0.7$) y el polvo fluorescente ($M = 3.2$, $DE = 0.5$) [$F(2, 27) = 15.2$, $p < 0.001$]. De manera similar, en la superficie metálica, el cianocrilato con tinte fluorescente ($M = 4.2$, $DE = 0.7$) superó significativamente al polvo negro ($M = 2.5$, $DE = 0.6$) y al polvo fluorescente ($M = 2.9$, $DE = 0.8$) [$F(2, 27) = 12.8$, $p < 0.001$]. En contraste, en la superficie de plástico, si bien el cianocrilato con tinte fluorescente ($M = 3.9$, $DE = 0.8$) también obtuvo las puntuaciones más altas, la diferencia con el polvo fluorescente ($M = 3.5$, $DE = 0.7$) no fue estadísticamente significativa, aunque ambos fueron superiores al polvo negro ($M = 2.1$, $DE = 0.6$) [$F(2, 27) = 9.5$, $p < 0.001$].

Es decir que, el análisis cuantitativo de las minucias identificables corroboró las tendencias observadas en las puntuaciones de calidad. El número promedio de minucias identificadas fue consistentemente mayor en las huellas reveladas con cianocrilato seguido de tinte fluorescente en las tres superficies analizadas. Por ejemplo, en vidrio, se identificó un promedio de 12.3 minucias ($DE = 2.1$) con esta técnica, en comparación con 7.1 ($DE = 1.8$) con polvo negro y 8.5 ($DE = 2.0$) con polvo fluorescente. El análisis post-hoc (Tukey HSD) confirmó las diferencias significativas mencionadas anteriormente.

Es importante destacar que, durante el proceso de levantamiento, se realizaron observaciones relevantes. Se notó que la aplicación de polvo negro tendía a generar un mayor nivel de fondo en superficies brillantes como el metal y el vidrio, dificultando la visualización clara de las crestas. Asimismo, la técnica del cianocrilato requirió un tiempo de procesamiento más prolongado en comparación con la aplicación directa de polvos. La tinción fluorescente posterior al cianocrilato mejoró significativamente el contraste y la visibilidad de las huellas, especialmente en superficies con patrones o colores de fondo complejos. Estas observaciones cualitativas complementan los datos cuantitativos y ofrecen información práctica sobre la aplicabilidad de cada técnica en el contexto de las investigaciones criminales en Barquisimeto.

5.2 Interpretación de los Hallazgos

La interpretación de los hallazgos obtenidos en este artículo se alinea con los principios fundamentales de la dactiloscopia, así como con las interacciones entre las huellas latentes y las superficies no porosas descritas en el marco teórico. Tal como lo señalaron Ramotowski (2012), y Kent (1998), el predominio consistente de la técnica de cianocrilato seguida de tinte fluorescente en la mayoría de las superficies analizadas, puede atribuirse a su capacidad para reaccionar químicamente con una amplia gama de componentes de la huella latente, creando así una matriz polimérica que retiene detalles finos. Esta matriz proporciona una base excelente para la posterior tinción fluorescente, que aumenta significativamente el contraste y la visibilidad, especialmente en superficies desafiantes; esto en contraste con lo planteado por Cowger (1983), sugirió una menor eficacia de los polvos, particularmente el negro, en superficies lisas como el vidrio y el metal podría explicarse por la limitada adhesión física a residuos de huellas delgadas y la tendencia a generar ruido de fondo.

De allí que, la variabilidad observada en la superficie de plástico podría deberse a las diferentes composiciones y cargas electrostáticas de los distintos tipos de plástico, lo que influye en la deposición y la interacción con las técnicas de levantamiento; teniendo presente que, las diferencias en la eficacia de las técnicas pueden comprenderse mejor al considerar sus mecanismos de interacción específicos con la superficie y la composición de la huella. La reacción química del cianocrilato con los aminoácidos y ácidos grasos presentes en el sudor y el sebo asegura una fuerte adhesión a la huella misma, independientemente de la naturaleza inerte de la superficie no porosa. La posterior tinción fluorescente explota las propiedades químicas de la matriz de policianoacrilato para generar una señal visual intensa. En cambio, la adhesión física de los polvos depende de la presencia de humedad y residuos grasos en la huella, así como de las características superficiales del polvo y el sustrato.

En relación con las superficies muy lisas o con huellas con menor cantidad de residuos, esta adhesión puede ser limitada, requiriendo de la metalización al vacío, aunque no se incluyó en este estudio, es reconocida en la literatura de Hardwick (2001), por su alta sensibilidad para huellas antiguas o con bajo contenido de grasa en superficies no porosas, debido a la selectividad de la deposición de metales en los residuos de la huella.

De allí, que la comparación de los resultados del presente artículo, con las ventajas y desventajas previamente reportadas para cada técnica revela consistencias importantes. La alta sensibilidad y la buena retención de detalles del cianocrilato con tinte fluorescente, observadas en este estudio, concuerdan con la literatura que destaca su eficacia en una amplia gama de superficies y para la detección de huellas latentes difíciles. Sin embargo, el tiempo de procesamiento más largo asociado con esta técnica es una desventaja previamente documentada. La rapidez y el bajo costo de los polvos se confirman, pero su menor sensibilidad y la posibilidad de generar ruido de fondo, especialmente en superficies brillantes, también son limitaciones conocidas.

La eficacia intermedia del polvo fluorescente podría atribuirse a su mayor contraste en ciertas superficies en comparación con el polvo negro, aunque su dependencia de una fuente de luz específica añade un paso adicional al proceso. Estas consistencias entre los hallazgos de la presente investigación, en contraste con la literatura previa fortalecen la validez de las conclusiones y proporcionan una base sólida para las recomendaciones prácticas en el contexto forense venezolano.

5.3 Implicaciones Prácticas para la Criminalística

Los resultados de este estudio sugieren que la selección de técnicas de levantamiento de huellas dactilares en superficies no porosas comúnmente encontradas en escenas de crimen en Venezuela. Dada la consistente superioridad del cianocrilato seguido de tinte fluorescente en vidrio y metal, se recomienda su uso prioritario en estos sustratos cuando la preservación de detalles finos es crucial. Para superficies plásticas, si bien el cianocrilato con tinte fluorescente también demostró ser eficaz, el polvo fluorescente podría considerarse una alternativa viable, especialmente en situaciones donde el tiempo de procesamiento es limitado y la superficie no presenta un fondo complejo. El polvo negro, aunque de bajo costo y fácil aplicación, demostró ser la técnica menos eficaz en las superficies analizadas, por lo que su uso debería reservarse para situaciones específicas donde otras técnicas no sean factibles o cuando se requiera un método rápido de inspección inicial.

En el contexto venezolano, la aplicabilidad, el costo y la disponibilidad de las diferentes técnicas son consideraciones cruciales. Si bien el cianocrilato y los tintes fluorescentes pueden requerir una inversión inicial en equipos y capacitación,

su probada eficacia en la obtención de huellas de calidad podría justificar estos costos a largo plazo, especialmente en casos de alta gravedad. La disponibilidad de estos reactivos y equipos puede variar entre los diferentes cuerpos policiales y laboratorios a nivel nacional, lo que subraya la necesidad de una inversión estratégica y una distribución equitativa de recursos. Los polvos, al ser más económicos y de fácil adquisición, seguirán siendo una herramienta fundamental, especialmente en regiones con limitaciones presupuestarias.

Los resultados de este estudio pueden optimizar los protocolos de trabajo en los laboratorios forenses venezolanos al proporcionar una base empírica para la selección de técnicas, reduciendo el tiempo y los recursos invertidos en métodos menos eficaces y mejorando la calidad general de la evidencia dactilar procesada. La implementación de guías basadas en estos hallazgos podría estandarizar las prácticas a nivel nacional y fortalecer la capacidad forense del país.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación comparativa sobre la eficacia de diferentes técnicas de levantamiento de huellas dactilares en superficies no porosas comunes en escenas de crimen en Barquisimeto, Lara, Venezuela, reveló diferencias significativas en el rendimiento de las técnicas evaluadas. El cianocrilato seguido de tinte fluorescente demostró consistentemente ser la técnica más eficaz para la revelación de huellas de alta calidad en superficies de vidrio y metal, superando significativamente al polvo negro y al polvo fluorescente. Si bien en la superficie de plástico el cianocrilato con tinte fluorescente también obtuvo los mejores resultados, la diferencia con el polvo fluorescente no fue estadísticamente significativa. Estos hallazgos subrayan la importancia de seleccionar la técnica de levantamiento en función del tipo de superficie para maximizar la recuperación de detalles cruciales para la identificación.

La finalidad de esta investigación se cumplió al evaluar comparativamente la eficacia de las técnicas de levantamiento en diversos tipos de superficies no porosas y al identificar las técnicas más y menos eficaces para cada sustrato en el contexto específico de las investigaciones criminales. La identificación del cianocrilato seguido de tinte fluorescente como la técnica de elección para vidrio y metal, y la consideración del polvo fluorescente como una alternativa viable para plástico, constituyen información valiosa para los profesionales forenses que trabajan en el país.

La contribución de este estudio al conocimiento en el campo de la Criminalística, particularmente en el contexto venezolano, radica en la generación de datos empíricos específicos sobre la eficacia de las técnicas de levantamiento de huellas dactilares en condiciones locales. Esta investigación proporciona una base científica para la toma de decisiones informadas en la selección de técnicas, lo que puede conducir a una mejora en la calidad de la evidencia forense recolectada

y, en última instancia, fortalecer la administración de justicia. Al destacar la importancia de considerar el tipo de superficie y las características de cada técnica, este estudio fomenta una práctica forense más precisa y eficiente en Venezuela y puede servir como punto de partida para futuras investigaciones que exploren otras técnicas o condiciones específicas del entorno venezolano.

6. REFERENCIAS

- Almog, J. (2001). *Latent fingerprints: Detection, imaging and identification*. Humana Press.
- Bradshaw, R., Bleay, S. M., Clench, M. R., & Ferguson, L. S. (2006). Evaluation of blood enhancement techniques for subsequent DNA analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 51(3), 593-599.
- Cowger, J. F. (1983). *Friction ridge skin: Comparison and identification of fingerprints*. Elsevier Science Publishing Co.
- Cummins, H., & Midlo, C. (1943). *Finger prints, palms and soles: An introduction to dermatoglyphics*. The Blakiston Company.
- Champod, C., Lennard, C., Margot, P., & Stoilovic, M. (2016). *Fingerprints and other ridge skin impressions* (2nd ed.). CRC Press.
- Galton, F. (1892). *Finger prints*. Macmillan and Co.
- Hardwick, S. A., Kent, T., & Watts, R. (2001). Vacuum metal deposition: A review. *Forensic Science International*, 121(1-2), 75-85.
- Kent, T. (1998). *Latent fingerprint development*. Charles C Thomas Publisher.
- Lee, H. C., & Gaensslen, R. E. (Eds.). (2001). *Advances in fingerprint technology* (2nd ed.). CRC Press.
- Lennard, C. J., & Margot, P. A. (2002). Fingerprint detection techniques. *Journal of Forensic Identification*, 52(5), 554-581.
- Margot, P., & Lennard, C. J. (1994). Non-porous surfaces. In D. R. Ashbaugh (Ed.), *Ridgeology: Modern evaluative friction ridge identification* (pp. 125-152). RCMP.
- Ramotowski, R. (2012). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology* (3rd ed.). CRC Press.
- Ramotowski, R. (2012). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology* (3rd ed.). CRC Press.
- Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology (SWGFAST, 2013). *Document #10: Standards for examining friction ridge impressions and resulting conclusions*.
https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/swgfast_standard_for_examnation_conclusions_ver1.0_2013-04-27.pdf