



El análisis documentológico y su estructura científica: Una guía práctica para la investigación criminal

Document analysis and its scientific structure: A practical guide for criminal investigation

Análise documental e sua estrutura científica: um guia prático para investigação criminal.

Nathaly Victoria Mejía Alvarado¹ 
nathalymejia@est.ecotec.edu.ec

Ángel Vicente Avendaño Briones² 
aavendano@istvr.edu.ec

Aaron Josue Tandazo Casquete¹ 
atandazo@est.ecotec.edu.ec

Lisette Fernanda Alvarado Barrera¹ 
lalvaradob@ecotec.edu.ec

Juan Víctor Chávez Atocha² 
jchavez@istvr.edu.ec

¹ Universidad Tecnológica ECOTEC. Guayaquil, Ecuador

² Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte. Guayaquil, Ecuador

Artículo recibido 10 de octubre 2025 | Aceptado 4 de noviembre 2025 | Publicado 19 de diciembre 2025

RESUMEN

La documentología, como disciplina de la ciencia forense, es fundamental para garantizar la autenticidad de documentos y la objetividad de las pruebas en procesos judiciales. Este artículo tiene como objetivo proporcionar una guía práctica para la aplicación del modelo IMRdC (Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones) en pericia documentológica, promoviendo la validez científica y la claridad en la comunicación de los hallazgos. La metodología adoptada es de enfoque cualitativo y cuantitativo, tipo descriptivo y de estudio de caso, con técnicas que incluyen análisis óptico, comparativo y espectroscópico de tintas y soportes, así como cotejo caligráfico, asegurando la trazabilidad mediante la cadena de custodia. Los resultados evidencian que la estructura IMRdC facilita la sistematización de la evidencia, permite la interpretación holística de los hallazgos y fortalece la credibilidad del dictamen. En conclusión, la guía propuesta contribuye a mejorar significativamente la calidad, reproducibilidad y aceptación de la prueba documental, alineándose con los estándares internacionales de la ciencia forense.

Palabras clave:

Análisis; Cadena de Custodia; Ciencia forense; Documentología; Metodología Forense; Peritaje caligráfico

ABSTRACT

Documentology, as a forensic science discipline, is fundamental to guarantee the authenticity of documents and the objectivity of tests in judicial proceedings. This article aims to provide a practical guide for the application of the IMRdC model (Introduction, Methodology, Results, Discussion and Conclusions) in documentological expertise, promoting scientific validity and clarity in the communication of hallmarks. The methodology adopted is of a qualitative and quantitative approach, descriptive and case study type, with techniques that include optical, comparative and spectroscopic analysis of paints and supports, as well as calligraphic comparison, ensuring transparency through the custody chain. The results show that the IMRdC structure facilitates the systematization of evidence, allows the holistic interpretation of hallmarks and strengthens the credibility of the dictamen. In conclusion, the proposed guide contributes to significantly improving the quality, reproducibility and acceptance of documentary testing, aligning itself with international forensic science standards.

Keywords:

Analysis; Chain of Custody; Forensic science; Documentology; Forensic Methodology; Calligraphic expertise

RESUMO

A documentação, como disciplina da ciência forense, é fundamental para garantir a autenticidade dos documentos e a objetividade das verificações nos processos judiciais. Este artigo tem como objetivo fornecer um guia prático para a aplicação do modelo IMRdC (Introdução, Metodologia, Resultados, Discussão e Conclusões) em experiência documental, promovendo a validade científica e a clareza na comunicação dos hallazgos. A metodologia adotada é de abordagem qualitativa e quantitativa, tipo descritiva e de estudo de caso, com técnicas que incluem análise óptica, comparativa e espectroscópica de tintas e suportes, assim como o cotejo caligráfico, garantindo a trazabilidade através da cadeia de custódia. Os resultados evidenciam que a estrutura IMRdC facilita a sistematização da evidência, permite a interpretação holística dos hallazgos e fortalece a credibilidade do ditado. Concluindo, o guia proposto contribui para melhorar significativamente a qualidade, a reprodutibilidade e a aceitação da pesquisa documental, alinhando-se com os padrões internacionais da ciência forense.

Palavras-chave:

Análise; Cadena de Custódia; Ciência forense; Documentologia; Metodologia Forense; Peritaje caligráfico

INTRODUCCIÓN

En el ecosistema de la justicia penal y civil, la prueba pericial constituye a menudo la piedra angular sobre la que se construyen o desmoronan los casos. En este marco, dentro del vasto campo de las ciencias forenses, la documentología -el estudio científico de los documentos en sus múltiples facetas para determinar su autenticidad, identificar su origen, o revelar alteraciones- ocupa un lugar de singular importancia, al constituirse como una disciplina clave para la evaluación técnica de la evidencia documental en contextos judiciales (Ellen, 2018). En efecto, desde la verificación de un testamento hasta la autenticación de un contrato

millonario o la identificación del autor de una nota de amenaza, el análisis de documentos cuestionados es una herramienta indispensable para la búsqueda de la verdad y la toma de decisiones judiciales fundamentadas.

Sin embargo, este rol central no está exento de tensiones. la creciente sofisticación de las técnicas de falsificación y la mayor exigencia de los tribunales, cada vez más influenciados por debates internacionales sobre la científicidad de la prueba forense, han puesto a la disciplina bajo un microscopio crítico. Informes de alto perfil, como el emitido por la Academia Nacional de Ciencias de

Estados Unidos en 2009, han cuestionado la validez y fiabilidad de muchas disciplinas forenses, instando a una transición desde prácticas basadas en la experiencia subjetiva hacia metodologías fundamentadas en un riguroso método científico (Weyermann y Roux, 2021). Este llamado ha marcado un punto de inflexión en la forma de concebir la pericia forense contemporánea.

Esta denominada "crisis de validez", conceptualizada por diversos autores como un problema estructural y no meramente técnico (Weyermann y Roux, 2021; Cooper y Meterko, 2019), ha impulsado una profunda reflexión dentro de la comunidad forense global. Como consecuencia, se ha promovido la necesidad de adoptar estándares de trabajo más rigurosos, transparentes y homogéneos, orientados a fortalecer la confiabilidad de los dictámenes periciales. La respuesta a este desafío se ha materializado en la progresiva implementación de sistemas de gestión de calidad, como la norma ISO/IEC 17025, así como en el desarrollo de estándares técnicos específicos para el campo forense a través de organismos como la Organización Internacional de Normalización (ISO) (Wilson-Wilde, 2018).

En este escenario de transformación epistemológica y metodológica, la estructura y el contenido del informe pericial, el producto final que comunica los hallazgos al sistema de justicia, adquieren una relevancia capital. Un dictamen pericial no puede ser concebirse como una "caja negra" en la que el experto emite una conclusión sin explicar detalladamente el razonamiento y los procedimientos que lo condujeron a ella. Por el contrario, debe constituirse en un documento transparente, lógico y reproducible, que permita a cualquier lector cualificado -otro perito, un juez, un fiscal o un abogado- comprender, analizar críticamente y, si es necesario, cuestionar el trabajo realizado (Neuteboom et al., 2024). Esta exigencia responde directamente a los principios de trazabilidad, verificabilidad y control intersubjetivo propios del método científico.

Es precisamente en este punto, donde la adopción de la estructura IMRdC (Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y

Conclusiones) se presenta como una solución metodológica de primer orden. Dicho modelo, ampliamente reconocido como el estándar de oro para la comunicación científica en la mayoría de las disciplinas académicas, ofrece un marco lógico, sistemático y universalmente aceptado para la presentación de una investigación. La sección de Introducción establece el contexto y la relevancia del problema. La Metodología detalla de forma explícita y precisa los procedimientos y técnicas utilizadas, garantizando la trazabilidad y la posibilidad de replicación del estudio; la sección de Resultados presenta de manera objetiva y sin interpretación los datos y hallazgos obtenidos; y, finalmente, la Discusión interpreta dichos resultados a la luz del conocimiento científico existente, evalúa hipótesis y extrae conclusiones significativas, las cuales se sintetizan en el apartado de Conclusiones (Kapoor et al., 2021).

Bajo esta perspectiva, el objetivo fundamental de este artículo es proporcionar una guía práctica para la aplicación del modelo IMRdC a la pericia documentológica. A través de un caso de estudio hipotético pero realista, se desglosará cada una de las secciones, demostrando cómo este formato no solo mejora la claridad y la calidad del informe, sino que también favorece un proceso de pensamiento más estructurado, reflexivo y científicamente controlado por parte del perito. Asimismo, se explorarán las mejores prácticas para cada etapa del análisis, desde la correcta preservación de la cadena de custodia en un entorno cada vez más digital (D'Anna et al., 2023), hasta la aplicación de técnicas instrumentales de vanguardia como la espectroscopía Raman para el análisis no destructivo de tintas (Braz et al., 2013) o la espectrometría de masas para la caracterización de materiales (Sisco y Forbes, 2021).

De manera complementaria, se abordarán de forma directa los desafíos más acuciantes de la disciplina, entre los que destacan la necesidad de validar empíricamente los métodos de comparación de escritura (Hicklin et al., 2022; Brunty, 2023), la importancia de cuantificar la fuerza de la evidencia mediante enfoques probabilísticos (Lund y Iyer, 2017), y la urgencia de reconocer y mitigar el

impacto del sesgo cognitivo en el juicio pericial (Cooper y Meterko, 2019). En última instancia, este trabajo aspira a constituirse en un recurso de referencia para peritos, estudiantes de criminalística, abogados y jueces, contribuyendo a la consolidación de una documentología más robusta, fiable y científicamente sólida, acorde con las exigencias epistemológicas y probatorias de la justicia en el siglo XXI.

MÉTODO

La robustez de cualquier conclusión científica reside en la solidez de su metodología; principio que adquiere una relevancia particular en el ámbito forense, donde los resultados del análisis pueden incidir directamente en la vida, la libertad y los derechos fundamentales de las personas. En consecuencia, el presente estudio se sustenta en un enfoque cualitativo de carácter descriptivo-analítico, con un diseño no experimental y de tipo documental-aplicado, seleccionado por su idoneidad para examinar, sistematizar y operacionalizar procedimientos periciales dentro de un marco científico validado. Este enfoque resulta pertinente en la medida en que el objetivo del trabajo no es medir variables cuantitativas, sino analizar críticamente prácticas, estructuras y procesos propios de la pericia documentológica, integrándolos a un modelo de comunicación científica estandarizado.

Asimismo, este estudio adopta un diseño metodológico secuencial y lógico, inspirado en los principios del método científico y en las buenas prácticas internacionales en ciencias forenses, en particular aquellas promovidas por sistemas de gestión de calidad y normas técnicas especializadas. La metodología aquí expuesta no debe entenderse como una receta rígida, sino como un marco de trabajo sistemático que guía al perito desde la recepción de la evidencia hasta la interpretación final de los hallazgos, garantizando en cada etapa la trazabilidad del proceso, la objetividad del análisis y la transparencia de las conclusiones.

En una primera fase, de carácter preliminar, el trabajo pericial comienza mucho antes de encender el microscopio, ya que esta etapa es fundamentalmente administrativa y logística, pero

reviste una importancia capital para la validez global del proceso. En este contexto el proceso se inicia con la recepción oficial de y del material asociado. Cada elemento, sea dubitado (cuestionado) o indubitado (de comparación), debe ser meticulosamente documentado, consignado a la fecha y hora de recepción, el nombre del funcionario que lo entrega, descripción detallada de su estado y registro fotográfico inicial, configurándose así el primer eslabón de la cadena de custodia.

De manera consecuente, la cadena de custodia se consolida como el principio que garantiza la integridad y la identidad de la evidencia desde su recolección hasta su presentación en el tribunal. Cada transferencia de la evidencia debe ser registrada, creando un rastro ininterrumpido que demuestre que el documento analizado es el mismo que se recogió en la escena o se aportó al proceso, y que no ha sufrido alteraciones o contaminaciones. En la era digital, la cadena de custodia se extiende a los archivos electrónicos, donde se debe preservar la integridad de los metadatos y utilizar algoritmos de hash para asegurar que el archivo no ha sido modificado (D'Anna et al., 2023).

Como parte final de esta fase inicial, antes de iniciar cualquier análisis técnico, el perito debe realizar una evaluación crítica del material de comparación. Los especímenes indubitados deben cumplir con requisitos de contemporaneidad, homología y suficiencia, a fin de capturar el rango natural de variación de la escritura de un individuo. La insuficiencia de material de comparación, es una de las frecuentes en la práctica pericial, debe ser comunicada de forma clara a la autoridad solicitante, dado que restringe significativamente el alcance de las conclusiones que se pueden alcanzar (Kam et al., 2001).

Superada esta etapa preliminar, se da paso a una segunda fase analítica, en la cual se procede al examen propiamente dicho de la evidencia, siguiendo un principio fundamental: avanzar de lo general a lo particular y de lo no destructivo a lo potencialmente destructivo. En primer término, el análisis se inicia con un examen óptico y macroscópico exhaustivo, apoyado en instrumental como el microscopio estereoscópico, que permite

identificar características del soporte, sistemas de impresión y posibles indicios de alteración. Asimismo, la utilización controlada de diferentes condiciones de iluminación como la luz rasante o transmitida, posibilita la detección de surcos de presión, adelgazamientos del papel o marcas de agua. puede revelar surcos de presión de una escritura subyacente, mientras que la luz transmitida puede evidenciar adelgazamientos del papel o marcas de agua.

A partir de los hallazgos preliminares, se procede a la planificación del análisis, elaborando un plan detallada que justifica la selección y secuencia de las técnicas a emplear. En coherencia con los principios de conservación de la evidencia, se priorizan las técnicas no destructivas o micro-destructivas, agotando previamente las posibilidades del análisis óptico y espectroscópico antes de recurrir a procedimientos que impliquen la toma de muestra (Stoney y Stoney, 2015).

Posteriormente, la incorporación de análisis instrumental avanzado permite potenciar la capacidad discriminatoria del perito. En el cotejo de escritura y firmas, la comparación meticulosa de características generales e individuales se apoya tanto en herramientas tradicionales como en software de análisis de imagen que facilita la superposición de trazos, la medición de ángulos y proporciones y la elaboración de tablas comparativas (Hicklin et al., 2022).

De forma complementaria, el análisis físico-químico de tintas y soportes se fundamenta en técnicas espectroscópicas, como el comparador espectral de video, la espectroscopía Raman y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, que permiten una discriminación precisa de los materiales analizados (Braz et al., 2013; Calcerrada y García-Ruiz, 2015). Cuando resulta necesario y metodológicamente justificable, técnicas como la cromatografía o la espectrometría de masas aportan información adicional, aun cuando impliquen la toma de micro-muestras (Neumann et al., 2011; Sisco y Forbes, 2021).

Como cierre de esta fase analítica, la detección de alteraciones se refuerza mediante el uso de la fotografía forense digital empleando diferentes

fuentes de luz, filtros y técnicas de imagen que permiten visualizar escrituras obliteradas, detectar borrados químicos o diferenciar tintas aparentemente idénticas (Michienzi et al., 2018).

Finalmente, en una tercera fase orientada a la evaluación e interpretación, se procede al análisis y correlación de todos los datos generados (imágenes, espectros, cromatogramas) deben ser analizados y correlacionados. El perito busca patrones y consistencias (o inconsistencias) a través de las diferentes líneas de evidencia. Es en esta fase donde se aplican los principios de validación de métodos para asegurar que los resultados son fiables y que las incertidumbres de la medición son conocidas y controladas (Brunty, 2023).

Sobre esta base, la formulación y evaluación de hipótesis, en esta fase el análisis forense no busca "probar" algo de manera absoluta, sino evaluar la evidencia a la luz de hipótesis contrapuestas. Ante una firma cuestionada, las hipótesis son simples: o fue escrita por el titular (autenticidad) o fue escrita por otra persona (falsificación/simulación). El perito debe evaluar la probabilidad de los hallazgos observados bajo cada una de estas hipótesis. Este proceso de razonamiento, que puede ser formalizado mediante el cálculo de una Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio), es el núcleo del enfoque lógico-científico para la interpretación de la evidencia (Lund y Iyer, 2017).

De manera transversal se incorporan las estrategias de mitigación del sesgo cognitivo. El perito debe ser consciente de que su juicio puede estar influenciado por sesgos cognitivos (como el sesgo de confirmación, la tendencia a buscar evidencia que confirme una creencia inicial). Para aminorar este riesgo, se recomienda la adopción de procedimientos de trabajo secuencial no enmascarado (Lineal Sequential Unmasking - LSU), donde el perito examina la evidencia cuestionada en aislamiento antes de ver el material de comparación, para no ser predispuesto. Asimismo, la revisión por pares de los casos por otro perito cualificado es una salvaguarda fundamental para detectar errores y asegurar la objetividad (Cooper y Meterko, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sección de Resultados debe presentar de manera clara, concisa y objetiva todos los hallazgos obtenidos durante la fase de análisis instrumental y comparativo. La presentación debe ser puramente descriptiva, evitando cualquier tipo de interpretación o conclusión, las cuales se reservan para la sección de Discusión. El objetivo es que un lector experto pueda entender qué se encontró, cómo se encontró y cuáles fueron las mediciones o datos específicos obtenidos. Para lograrlo, se recomienda el uso extensivo de tablas, gráficos e imágenes de alta calidad.

Descripción de características documentales

En primer lugar, se describen las características físicas, técnicas y de seguridad de los documentos examinados, tanto dubitados como indubitados. Esta descripción inicial permite contextualizar el análisis posterior y establecer diferencias materiales objetivas entre los soportes, facilitando la trazabilidad del proceso pericial. Para tal fin, la información se organiza en una tabla comparativa que cumple con las normas APA 7, presentando un título conciso ubicado en la parte superior y sin el uso de líneas verticales.

Tabla 1. Características físicas de los documentos examinados

Característica	Documento (Anverso/Reverso)	Dubitado	Documento (Anverso/Reverso)	Indubitado
Tipo de Soporte	Papel de seguridad con marca de agua "X"		Papel bond estándar, sin marca de agua	
Dimensiones	15.6 cm x 6.6 cm		21.59 cm x 27.94 cm (Tamaño Carta)	
Sistema de Impresión	Impresión offset, calcografía, tipografía		Impresión láser a color	
Tintas de Impresión	Tinta de seguridad OVI, tinta invisible UV		Tóner cian, magenta, amarillo y negro	
Elementos de Seguridad	Hilo de seguridad, microimpresiones, imagen latente		Ninguno visible	

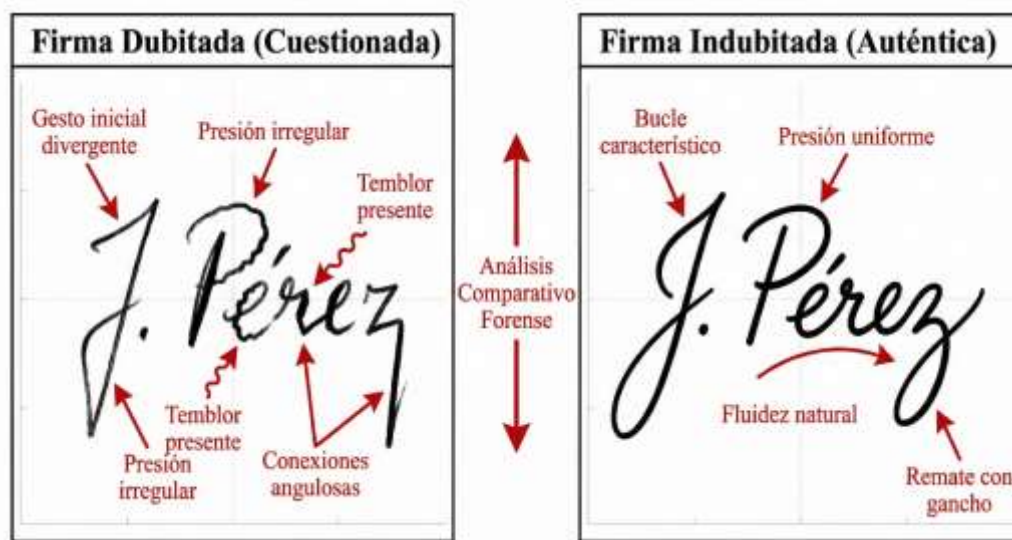
Nota. La información consignada corresponde a la observación directa y al examen macroscópico inicial de los documentos analizados.

Resultados del análisis de escritura y firmas

A continuación, se presentan los resultados del cotejo caligráfico, los cuales se exponen de forma comparativa, resaltando las similitudes y diferencias observadas entre los trazos dubitados e indubitados. Conforme a las recomendaciones metodológicas en documentología forense, el uso de imágenes con

señalamientos claros constituye un recurso fundamental para la visualización objetiva de los hallazgos.

Figura 1. Comparación de gestos gráficos en firmas (Firma dubitada vs. Indubitada) con anotaciones de características forenses.



Nota: A la izquierda se presenta un detalle de la firma dubitada y, a la derecha, detalle de una firma indubitada. Las flechas rojas señalan la presencia de un gesto tipo característico, por ejemplo, un bucle particular en la letra 'g', que se repite de forma consistente en el conjunto de firmas indubitadas y que se encuentra ausente o ejecutado de manera atípica en la firma cuestionada.

De manera complementaria, los hallazgos del cotejo se sintetizan en una tabla comparativa que permite identificar convergencias y divergencias en las características analizadas, facilitando una lectura sistemática de los resultados.

Tabla 2. Tabla de cotejo de características caligráficas

Característica Analizada	Documento Dubitado	Documento Indubitado	Observaciones
Inclinación Axial	Levemente dextrógira (80°)	Consistentemente dextrógira (78-82°)	Convergencia
Presión Muscular	Trazos apoyados, filiformes	Presión uniforme con apoyos en trazos descendentes	Divergencia sutil
Velocidad del Trazo	Lenta, con temblores y paradas	Rápida y fluida	Divergencia significativa
Enlaces Interliterales	Agrupados en sílabas	Ligados en su mayoría	Divergencia
Gestos Tipo (Bucle 'g')	Bucle cerrado y anguloso	Bucle abierto y curvo	Divergencia fundamental

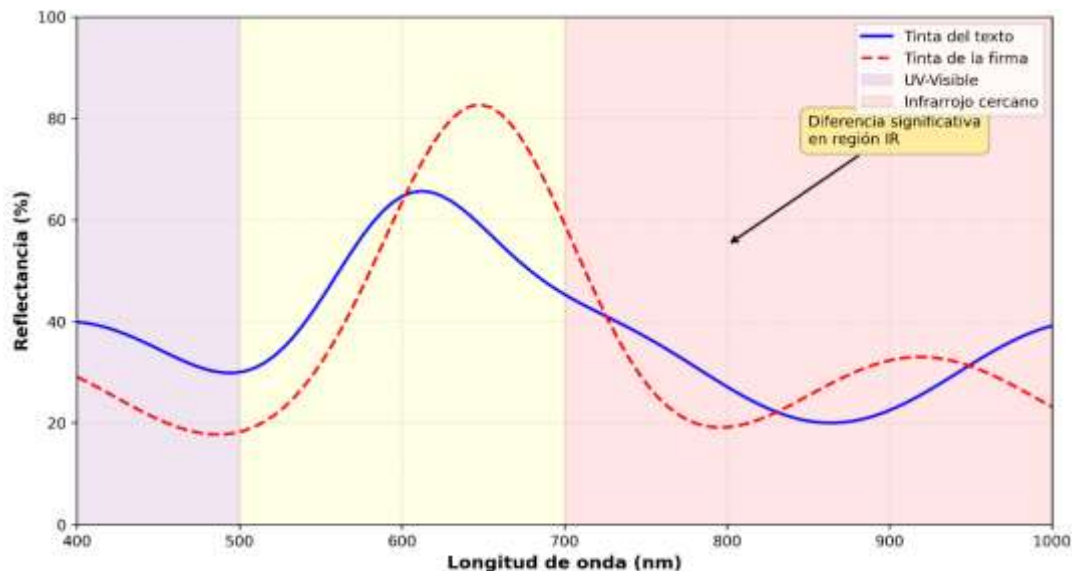
Nota. Las observaciones se consignan exclusivamente a partir de la comparación visual e instrumental de las características gráficas examinadas.

Resultados del análisis instrumental de tintas

En relación con el análisis instrumental, los resultados obtenidos mediante técnicas espectroscópicas se presentan en forma de gráficos que permiten comparar objetivamente el

comportamiento de las tintas analizadas. Este tipo de representación gráfica responde a las exigencias de transparencia y reproducibilidad propias de la comunicación científica.

Figura 2. Espectros de Reflectancia (VSC) de Tintas Azules.



Nota. Superposición de los espectros de reflectancia en el rango visible e infrarrojo cercano (400-1000 nm) de la tinta del texto dubitado (línea roja) y la tinta de un texto indubitado (línea azul). Se observa una clara diferencia en el comportamiento espectral a partir de los 700 nm, indicando una composición química diferente

De manera similar, los resultados obtenidos mediante técnicas como la espectroscopía Raman o FTIR pueden presentarse a través de sus respectivos espectros, destacando los picos característicos que permiten la diferenciación objetiva de los materiales analizados.

Resultados de la detección de alteraciones

Finalmente, cualquier evidencia de alteración documental detectada durante el análisis es registrada mediante fotografía forense digital, empleando las condiciones de iluminación que permiten su visualización.

Figura 3. Detección de borrado químico bajo luz ultravioleta.



Nota. Imagen del área del documento donde se sospechaba una alteración, fotografiada bajo una fuente de luz UV a 365 nm. Se observa una mancha de fluorescencia anómala (área más brillante) que corresponde a los residuos de un agente químico de borrado, invisible bajo luz normal.

En conjunto, la presentación sistemática, visual y estructurada de los resultados permite que la sección de Discusión se concentre exclusivamente en la interpretación de estos hallazgos, su relación con las preguntas de investigación y su significado probatorio. Esta separación estricta entre la descripción de los resultados y la discusión constituye uno de los pilares fundamentales de la estructura IMRdC y de la comunicación científica en el ámbito forense.

Discusión

La sección de Discusión constituye el núcleo interpretativo y argumentativo del informe pericial, donde los datos brutos presentados en la sección de Resultados se transforman en evidencia significativa. Es aquí donde el perito, basándose en su conocimiento experto y en el corpus científico existente, analiza, interpreta y sintetiza los hallazgos para dar respuesta a las cuestiones planteadas en la pericia. Esta sección va más allá de la mera descripción para adentrarse en la evaluación de la fuerza de la evidencia, la consideración de hipótesis alternativas y la articulación de un razonamiento

lógico que sea transparente y defendible ante un escrutinio riguroso. En este sentido, la discusión se construye como un proceso integrador que conecta los distintos niveles de análisis desarrollados previamente.

En primer término, el análisis de la escritura manuscrita y las firmas es un proceso complejo que va más allá de una simple comparación de formas. Los resultados del cotejo caligráfico (Tabla 2) deben ser interpretados de manera holística. Las convergencias superficiales, como una inclinación general similar, no pueden ser sobrevaloradas, especialmente cuando coexisten con divergencias fundamentales en características dinámicas. La velocidad, la presión y la fluidez del trazo son indicadores directos de la automaticidad del acto de escribir. En una escritura genuina, estos elementos se combinan para crear un producto fluido y natural, producto de un programa motor altamente practicado.

Por el contrario, la presencia de una velocidad reducida, una presión anómala (a menudo más intensa o, paradójicamente, demasiado ligera y

vacilante) y, sobre todo, la aparición de temblores y paradas injustificadas en medio de los trazos, son síntomas clásicos de un proceso de escritura no natural (Kam et al., 2001). Este fenómeno se conoce como "imitación servil" o "falsificación por dibujo", donde el falsificador, al carecer del programa motor del firmante legítimo, se ve obligado a dibujar la firma, un proceso cognitivamente exigente que inevitablemente sacrifica la fluidez y la espontaneidad.

Ahora bien, la divergencia más elocuente, sin embargo, se encuentra en los "gestos tipo" o idiotismos gráficos (Figura 1). Estos son elementos altamente individualizados y automatizados que el escritor produce sin conciencia plena, como la forma particular de iniciar un trazo, la morfología de un bucle o la manera de conectar ciertas letras. La investigación en neurociencia de la escritura ha demostrado que estos automatismos son extremadamente resistentes al cambio y difíciles de replicar deliberadamente por otra persona.

En concordancia con lo anterior, el estudio a gran escala realizado por Hicklin et al. (2022) confirmó empíricamente la alta tasa de acierto de los peritos caligráficos cualificados para distinguir entre firmas genuinas y simuladas, destacando que su éxito se basa en la capacidad de identificar estas sutiles pero cruciales discrepancias en los automatismos, en lugar de centrarse únicamente en la apariencia pictórica general (Hicklin et al., 2022). Por lo tanto, la ausencia de los gestos tipo del firmante auténtico, junto con la presencia de artefactos de imitación, constituye una poderosa evidencia que apunta hacia una autoría ajena.

De manera complementaria, el análisis instrumental del documento proporciona una capa de evidencia objetiva que puede corroborar o refutar las hipótesis derivadas del análisis caligráfico. La demostración mediante técnicas espectroscópicas (Figura 2) de que las tintas del texto y la firma son químicamente distintas es un hallazgo de gran relevancia (Braz et al., 2013; Calcerrada y García-Ruiz, 2015). Si bien este hecho por sí solo no prueba la falsedad de una firma, puede ser crucial para desmentir una coartada o una versión de los hechos. Por ejemplo, si un contrato es supuestamente

firmado por ambas partes en el mismo acto, pero el análisis revela que las firmas se realizaron con instrumentos de escritura diferentes, esta narrativa se debilita considerablemente. Además, la datación relativa de tintas, aunque es un campo complejo, puede en ocasiones establecer el orden de los trazos o determinar si una entrada de texto es anacrónica (Kapoor et al., 2021).

En esta misma línea, el análisis del soporte (papel) y de los sistemas de impresión (Tabla 1) también aporta un contexto fundamental. La identificación de una marca de agua, la composición de las fibras del papel mediante microscopía, o el análisis de los aditivos químicos con técnicas como DART-MS (Sisco y Forbes, 2021), puede vincular un documento a un lote de producción específico o a un origen determinado. De manera similar, el análisis de los toners de una impresora láser mediante técnicas como la quimiometría NIR (Materazzi et al., 2017) puede diferenciar entre documentos impresos en distintas máquinas. Estos análisis, que a menudo se pasan por alto, pueden ser determinantes para detectar sustituciones de páginas en un contrato, añadidos fraudulentos o la creación de un documento completamente falso.

Desde una perspectiva integradora, la conclusión pericial debe basarse en la convergencia de todas las líneas de evidencia. No es un único hallazgo, sino la consistencia del patrón de resultados lo que confiere solidez a la conclusión. En el escenario hipotético planteado, la confluencia de (a) indicadores de imitación en la escritura, (b) divergencia en los gestos tipo, y (c) el uso de una tinta diferente, crea un caso muy sólido contra la autenticidad de la firma.

No obstante, para evitar conclusiones categóricas y absolutistas, que han sido una de las principales críticas a las ciencias forenses tradicionales (Weyermann y Roux, 2021), es recomendable adoptar un enfoque de razonamiento probabilístico. El marco de la Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio - LR) es actualmente el más aceptado a nivel internacional para este propósito (Lund y Iyer, 2017). Este enfoque no responde a la pregunta "¿quién escribió

la firma?", sino que evalúa la evidencia bajo dos hipótesis competitivas.

En este contexto, la hipótesis de la acusación (Hp) plantea que la firma fue realizada por una persona distinta al firmante legítimo, mientras que la hipótesis de la defensa (Hd) sostiene que la firma fue realizada por el propio firmante legítimo. A partir de ello, el perito evalúa entonces cuánto más probable sería observar la totalidad de la evidencia (E: temblores, gestos anómalos, tinta diferente, etc.) si la firma fuera falsa (Hp) en comparación con si fuera auténtica (Hd). El resultado (LR) es un número que cuantifica el peso de la evidencia. Un LR de 1000, por ejemplo, significaría que los hallazgos son 1000 veces más probables bajo la hipótesis de falsificación que bajo la de autenticidad. Este enfoque es más transparente y científicamente defendible, ya que separa claramente el rol del perito (evaluar la evidencia) del rol del juzgador (decidir sobre la culpabilidad o inocencia) (Lund y Iyer, 2017).

Asimismo, es crucial discutir explícitamente las limitaciones del análisis. ¿El material de comparación era suficiente y de buena calidad? ¿Existen factores que podrían explicar las divergencias observadas, como una enfermedad del firmante, su edad avanzada, o que la firma se realizó en condiciones inusuales? Ignorar estas hipótesis alternativas es una forma de sesgo de confirmación (Cooper y Meterko, 2019). En consecuencia, un informe pericial robusto debe abordar estas posibilidades y explicar por qué, a la luz de la evidencia, son menos probables que la conclusión principal.

Desde una perspectiva aplicada, la metodología y el enfoque interpretativo aquí discutidos tienen implicaciones profundas para la práctica de la documentología. Subrayan la necesidad de una formación continua y de una transición desde un modelo basado en la experiencia a uno basado en la evidencia científica. La validación rigurosa de los métodos, tanto los tradicionales como los emergentes, es un requisito ineludible (Brunty, 2023). En este marco, los laboratorios deben operar bajo un sistema de gestión de calidad, idealmente acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025, que

asegura la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados (Neuteboom et al., 2024). Este tipo de marco normativo es esencial para cumplir con los estándares legales de admisibilidad de la prueba pericial, como el estándar Daubert en Estados Unidos, que exige que el testimonio experto se base en una metodología científicamente válida y fiable (Lesciotto, 2015).

Finalmente, el futuro de la disciplina se enfrenta a desafíos y oportunidades significativas. Por un lado, la creciente digitalización de los documentos presenta nuevos problemas, como la autenticación de firmas electrónicas y la detección de manipulaciones en archivos digitales, lo que requiere el desarrollo de nuevas técnicas y la colaboración con expertos en informática forense (D'Anna et al., 2023). Por otro lado, los avances en inteligencia artificial y aprendizaje automático ofrecen herramientas prometedoras para el análisis objetivo de la escritura y la identificación de patrones sutiles que pueden escapar al ojo humano (Hicklin et al., 2022). Sin embargo, la implementación de estas "cajas negras" algorítmicas debe hacerse con extrema cautela, exigiendo una validación transparente y comprensible de su funcionamiento y de sus tasas de error.

En última instancia, la investigación sobre los factores humanos y el sesgo cognitivo en la ciencia forense sigue siendo una prioridad. Estrategias como el análisis secuencial no enmascarado (donde el perito analiza primero la evidencia cuestionada sin conocer el material de comparación, para evitar ser influenciado) y la revisión por pares de los casos son mecanismos esenciales para salvaguardar la objetividad (Cooper y Meterko, 2019). La continua reflexión crítica sobre la propia práctica, como proponen Weyermann y Roux (2021), es la única vía para superar la "crisis" y asegurar que la documentología siga siendo una herramienta valiosa y fiable al servicio de la justicia.

CONCLUSIONES

La adopción de la estructura IMRdC en la elaboración de informes periciales en documentología no es un mero ejercicio formal, sino una necesidad imperativa para alinear la disciplina con los estándares rigurosos de la ciencia

forense moderna. En este sentido, este enfoque metodológico sistemático proporciona un marco robusto que garantiza la transparencia, la trazabilidad y la reproducibilidad del análisis pericial, fortaleciendo así la credibilidad y la admisibilidad de la prueba documental en el ámbito judicial. Asimismo, la clara separación entre la presentación objetiva de los resultados y su posterior interpretación en la discusión permite a los operadores de justicia evaluar críticamente el razonamiento del experto y el peso real de la evidencia.

De manera complementaria, la integración de técnicas instrumentales avanzadas, la gestión rigurosa de la cadena de custodia y la conciencia activa de los sesgos cognitivos son componentes indisociables de una práctica documentológica de alta calidad. En proyección, el futuro de la disciplina se orienta hacia una mayor objetividad y cuantificación, mediante la validación continua de métodos, la implementación de estándares de calidad como la norma ISO 17025 y la exploración responsable de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial. En conclusión, al abrazar estos principios, el perito en documentología no solo cumple con su deber de auxiliar a la justicia, sino que también contribuye a la consolidación de una ciencia forense más fiable, transparente y, en última instancia, más justa.

REFERENCIAS

- Braz, A., López-López, M., y García-Ruiz, C. (2013). Raman spectroscopy for forensic analysis of inks in questioned documents. *Forensic Science International*, 232(1-3), 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.07.017>
- Brunty, J. (2023). *Validation of forensic tools and methods: A primer for the digital forensics examiner*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science, 5(1), e1474. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1474>
- Calcerrada, M., y García-Ruiz, C. (2015). Analysis of questioned documents: A review. *Analytica Chimica Acta*, 853, 143-166. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.10.057>
- Cooper, G. S., y Meterko, V. (2019). Cognitive bias research in forensic science: A systematic review. *Forensic Science International*, 297, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.01.016>
- D'Anna et al., (2023) D'Anna, T., Puntarello, M., Cannella, G., Scalzo, G., Buscemi, R., Zerbo, S., y Argo, A. (2023). The chain of custody in the era of modern forensics: From the classic procedures for gathering evidence to the new challenges related to digital data. *Healthcare*, 11(5), 634. <https://doi.org/10.3390/healthcare11050634>
- Ellen, D. (2018). *The scientific examination of documents: Methods and techniques* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315163748>
- Hicklin, R. A., Eisenhart, L., Richetelli, N., Miller, M. D., Buscaglia, J., Schwertfeger, J., Epstein, J., Iacino, M., y Peters, E. (2022). Accuracy and reliability of forensic handwriting comparisons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(32), e2119944119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2119944119>
- Kam, M., Gummadidala, K., Fielding, G., y Conn, R. (2001). Signature authentication by forensic document examiners. *Journal of Forensic Sciences*, 46(4), 884-888. <https://doi.org/10.1520/JFS15062J>
- Lesciotto, K. (2015). The impact of Daubert on the admissibility of forensic anthropology expert testimony. *Journal of Forensic Sciences*, 60(3), 549-555. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12740>
- Lund, S., y Iyer, H. (2017). Likelihood ratio as weight of forensic evidence: A closer look. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*,

- 122, 1-32.
<https://doi.org/10.6028/jres.122.027>
- Materazzi, S., Risoluti, R., Pinci, S., y Romolo, F. S. (2017). New insights in forensic chemistry: NIR/Chemometrics analysis of toners for questioned documents examination. *Talanta*, 174, 673-678. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.06.044>
- Michienzi, R., Meier, S., Ebert, L. C., Martinez, R. M., y Sieberth, T. (2018). Comparison of forensic photo-documentation to a photogrammetric solution using the multi-camera system "Botscan". *Forensic Science International*, 288, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.04.012>
- Neumann, C., Ramotowski, R., y Genessay, T. (2011). Forensic examination of ink by high-performance thin layer chromatography—The United States Secret Service Digital Ink Library. *Journal of Chromatography A*, 1218(19), 2793-2811. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.12.070>
- Neuteboom, W., Ross, A., Bugeja, L., Willis, S., Roux, C., y Lothridge, K. (2024). Quality Management in forensic science: A closer inspection. *Forensic Science International*, 358, 111779. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111779>
- Sisco, E., y Forbes, T. P. (2021). Forensic applications of DART-MS: A review of recent literature. *Forensic Chemistry*, 22, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2020.100294>
- Stoney, D., y Stoney, P. (2015). Critical review of forensic trace evidence analysis and the need for a new approach. *Forensic Science International*, 251, 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.03.022>
- Weyermann, C., y Roux, C. (2021). A different perspective on the forensic science crisis. *Forensic Science International*, 323, 110779. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110779>
- Wilson-Wilde, L. (2018). The international development of forensic science standards — A review. *Forensic Science International*, 288, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.04.009>