

Visualización de manchas hemáticas utilizando la fotografía infrarroja

García Gutiérrez Martha Cecilia¹✉, Anduiza Rojo Frida Alejandra¹, Guzmán Soto Marco Antonio².

¹Licenciatura en Ciencias Forenses, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

³Universidad de Guadalajara Escuela de Artes Plásticas, Centro Universitario de Tonalá. Guadalajara, México.

✉ marthagarciag14m@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se desarrolló un estudio y experimento cuya propuesta fue analizar la utilidad de la radiación infrarroja como herramienta para ayudar a los expertos en fotografía forense a lograr visualizar manchas hemáticas cuando estas se encuentran en telas de color negro. Fueron comparadas dos formas de capturar fotografías infrarrojas, utilizando una cámara convertida de “espectro completo” y otra cámara no convertida, ambas con un filtro infrarrojo. Se crearon 3 tipos de patrones de manchas hemáticas distintos, realizados con sangre total y 3 diluciones, dando un total de 12 manchas diferentes, los cuales fueron realizados sobre 10 muestras de telas. Estas manchas fueron capturadas en un laboratorio utilizando dos fuentes de luz infrarroja y un filtro infrarrojo, que fue colocado en ambas cámaras, la modificada a espectro completo y la cámara sin modificar. Además, se capturaron fotografías con luz blanca, las cuales sirvieron de control. Las capturas de estas telas fueron evaluadas por 3 peritos en fotografía forense, y se evaluaron los resultados con la prueba estadística U de Mann-Whitney, por medio de la cual se determinó que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre las capturas de ambas cámaras.

Palabras clave: fotografía infrarroja, manchas hemáticas, documentación.

Abstract

The present article conducts a study and experiment, in which the proposal was to analyze the usefulness of infrared radiation as a tool for forensic photography experts to be able to visualize blood stains found in black fabrics and clothes. The study compared two ways of capturing infrared photographs, one using a full spectrum camera, and the other being a non-modified camera. Three different bloodstain patterns were created using full blood and 3 dilutions, coming to a total of 12 different type of blood stains, created onto 10 different samples of fabric. These bloodstains were photographed inside a laboratory using two sources of infrared radiation, and an infrared filter that was put in the lenses of both the full-spectrum camera and the unmodified camera. White-light photographs were also taken and used as control imagens. The photographs of these 10 samples of fabric were evaluated by 3 forensic photography experts, subsequently, the results were analyzed using the Mann-Whitney U test, yielding as a result a statistically significant difference between the two photographs obtained by the two cameras.

Keywords: infrared photography, bloodstains, documentation.

Datos del artículo

Cita

García-Gutiérrez MC,
Anduiza-Rojo FA,
Guzmán-Soto MA.

Visualización de
manchas hemáticas
utilizando la fotografía
infrarroja. ReCiF, Año
4; Núm. 2: 53-71.

Editor

Vicente Torres Zúñiga

Revisión por pares:

Dos

Recibido

24/mayo/2025

Aceptado

24/junio/2025

Publicado

30/octubre/2025

Creative Commons

CC-BY-NC-SA 4.0

Internacional

Introducción

La investigación en el lugar de intervención requiere de una correcta documentación de los indicios encontrados. El detectar y mejorar la visibilidad de manchas hemáticas en diferentes superficies, como los distintos tipos de telas que se utilizan para confeccionar prendas de vestir, es indispensable para el correcto análisis de patrones de manchas hemáticas y la reconstrucción de los hechos. La fotografía infrarroja es una técnica para visualizar manchas hemáticas en prendas oscuras, además de ser un método no destructivo en comparación a otros como el luminol, el cual puede deformar patrones pequeños (1). El uso de la fotografía infrarroja viene de la necesidad de dar un contraste adecuado a los patrones de manchas hemáticas (2), sobre todo en aquellas que se encuentran en superficies oscuras, pues puede ser que se pase por alto la sangre o que no se capten los suficientes detalles para que se pueda llevar a cabo una posterior interpretación al realizar un análisis de patrones de manchas hemáticas (3).

Existen múltiples tintes usados en telas que reflejan una gran cantidad de radiación infrarroja, mientras que la sangre absorbe la mayor parte de radiación dentro del espectro electromagnético y el infrarrojo cercano (2), por lo que, al documentar las manchas hemáticas por medio de la fotografía infrarroja, se generan imágenes de alto contraste en donde las telas negras toman un valor tonal más alto y la sangre un valor tonal más bajo. Gracias a estas características, la fotografía infrarroja permite mejorar la manera en que se visualizan las manchas hemáticas, pues dependiendo del soporte en la que se encuentren, es capaz de aumentar considerablemente el contraste entre el soporte y la mancha hemática, haciendo posible una documentación adecuada de estos indicios, a su vez permitiendo el desahogo óptimo de pruebas periciales como el análisis de patrones de manchas hemáticas.

La fotografía infrarroja es una técnica infrutilizada para la examinación de la ropa a la hora de buscar patrones hemáticos (2), sobre todo en Latinoamérica donde sólo el autor Gastón Narcotti hizo una investigación completa sobre el uso de la misma (4), por lo que realizar más estudios y darle difusión a esta técnica es fundamental para impulsar su utilización. Con esta investigación se busca crear antecedentes y promover este tipo de investigaciones en México, al analizar la utilidad de la fotografía infrarroja en el ámbito forense en cuanto a su capacidad para captar y visualizar distintos patrones de manchas hemáticas en diversos tipos de telas oscuras y así ayudar a los expertos en fotografía forense, esto mediante el uso y comparación de dos distintas formas de capturar fotografías infrarrojas, siendo estas una cámara convertida llamada de “espectro completo” y una cámara no convertida con un filtro infrarrojo.

Marco Teórico

Desde que la fotografía fue creada, se ha empleado en diversas áreas de interés para el ser humano, incluyendo al ámbito forense. Antes del uso de la fotografía, se utilizaban otras técnicas para reproducir imágenes, como la realización de planos y bosquejos (5). Actualmente la fotografía forense se define como “una técnica judicial que aplica la fotografía a la investigación de los delitos. Dicha investigación incluye desde imágenes del lugar de los hechos e indicios, hasta la reconstrucción de éstos mediante la fijación con gran realismo del escenario” (6).

El primer uso de la fotografía en la disciplina forense fue por parte de organizaciones policiales para identificar delincuentes, siendo estas un apoyo a las mediciones antropométricas (7). En México, fue a partir de 1855 cuando se inició a reglamentar el uso de la fotografía para identificar reos (8).

Posteriormente fue utilizada para documentar el lugar donde se cometió un hecho delictivo, donde probó ser un medio de registro permanente de los objetos encontrados y del estado de los mismos (7). Actualmente se utiliza la fotografía para realizar la documentación del lugar de intervención, donde es necesario que se capturen distintos tipos de planos fotográficos que ilustren de manera correcta cómo se encontró el lugar y así hacer después una reconstrucción de los hechos. Además “la fotografía debe ir de lo general a lo particular, guardando la exactitud y nitidez para que los detalles más pequeños sean registrados en cada exposición” (9).

Fotografía infrarroja

La fotografía infrarroja es una buena herramienta para la documentación de fluidos corporales, residuos de disparos, la visualización de rastros de sangre y la examinación de documentos cuestionados (10), debido a que esta revela detalles que a simple vista no es posible observar. Además ayuda a resaltar elementos que necesitan ser diferenciados para ser analizados (11), como los patrones de manchas hemáticas en prendas, especialmente aquellas realizadas con telas oscuras. El uso del análisis de patrones de manchas de sangre se ha incrementado en la práctica forense, debido a la presencia de sangre en la mayoría de los lugares donde se cometieron crímenes violentos, lo que ha llevado a realizar grandes avances para facilitar la demanda de análisis más eficientes y precisos (12). Esto nos lleva a la fotografía infrarroja, ya que la imagen digital hizo posible su uso conveniente y creciente para la documentación y análisis forenses (10).

Existen dos formas de capturar fotografías infrarrojas, la primera es con una cámara de “espectro completo”, la cual queda convertida cuando se le remueve un filtro llamado “Hot Mirror” (13); sin este filtro “las radiaciones UV, Visible e IR llegan sin mayor atenuación al sensor” (4). Para capturar únicamente fotografías infrarrojas, se puede reemplazar el “Hot Mirror” con un filtro IR, o simplemente utilizar un filtro externo acoplable a la cámara (4), es necesario colocarlo ya que el sensor puede tener una respuesta multiespectral si no se ha aplicado un filtro interno (14). Al quitar el “hot mirror”, también se remueve el filtro “anti-aliasing”, el cual es un filtro óptico de paso bajo, este tiene el propósito de “suavizar la imagen” para que se evite el falso color y el efecto muaré cuando se capture una fotografía (15). Estos efectos suelen darse juntos, el falso color es cuando en la imagen hay un color que no pertenece a lo capturado, por otra parte, en una cámara se creará el efecto muaré porque utiliza un patrón muy pequeño de filtros rojos, verdes y azules para registrar el color llamado “filtro de Bayer”. Y al fotografiar otro patrón como un tejido, se superpondrán dos patrones creando uno nuevo (15). Al “suavizar la imagen”, el filtro “anti-aliasing” hace que se pierda un poco de nitidez, por lo que al no tenerlo se le proporciona una máxima nitidez a la cámara (16).

La segunda forma es con una cámara digital, ya que estas tienen cierta sensibilidad al infrarrojo. Al igual que en la cámara de espectro completo, se puede usar un filtro IR delante del objetivo para bloquear la luz visible, dejando pasar sólo la radiación infrarroja al sensor (17). A diferencia de la cámara convertida, al usar este equipo se requiere del uso de un trípode para sostener la cámara al capturar fotografías, ya que se debe utilizar una velocidad de obturación más lenta (18). Una cámara de espectro completo puede tomar fotos con velocidades de obturación mucho más cortas ya que no tiene un filtro “Hot Mirror” que elimine la mayor parte de la radiación infrarroja. Mientras que en una cámara sin convertir, el filtro IR elimina la luz visible y el “Hot Mirror” sobre el sensor elimina gran parte de la radiación IR restante, dejando suficiente iluminación para capturar una imagen pero con velocidades de obturación más largas (19). El trípode ayudará a garantizar imágenes nítidas al reducir la vibración de la cámara debido a las lentas velocidades de obturación con las que se disparará (18).

Por otro lado, al capturar fotografías infrarrojas, es posible que resulten con una ligera disminución en la resolución en comparación con las fotografías obtenidas con la técnica de luz visible. Incluso con enfoque adecuado, ISO bajo y una buena exposición, las imágenes pueden parecer distorsionadas (20). Además, no existe alguna regla general sobre los tiempos de exposición, y estos pueden variar de un dispositivo a otro, por lo que es necesario hacer pruebas con distintos tiempos hasta encontrar el mejor (21).

Para capturar imágenes infrarrojas de manchas hemáticas en prendas oscuras, se utiliza el método de infrarrojo por reflexión; esto debido a que su objetivo es “obtener un registro digital de cómo un objeto refleja, absorbe o transmite radiación IR que está incidiendo sobre el mismo” (4), este método consta de la utilización de una fuente de luz que emite radiación infrarroja, una cámara que pueda capturar radiación infrarroja y un filtro infrarrojo (22). Al usar esta técnica, se irradia una prenda oscura manchada, la cual reflejará la radiación, mientras que las manchas hemáticas la absorberán, generando una imagen de alto contraste al realizar la fotografía. Las fuentes de luz que se utilizan para este tipo de fotografía son llamadas “fuentes de luz forense” o “fuentes de luz alternativa” y se definen como “dispositivos de iluminación específicamente diseñados para la búsqueda de indicios o elementos de interés, a partir de la fluorescencia o absorbancia característica” (4). Además, las fuentes de luz alternativa, “se constituyen como uno de los recursos más simples y no invasivos para detectar fluidos biológicos en el lugar del hecho” (23), lo que las convierte en una herramienta importante a la hora de investigar un hecho delictivo.

Material y método

Este estudio es correlacional y comparativo, ya que se compararon dos técnicas distintas para obtener fotografías infrarrojas a partir de la relación entre variables.

Se utilizaron 10 telas nuevas de color negro con diferente tipo de composición; cada tela fue cortada en cuadrados de 20x20 centímetros, y sobre ellos se marcó con un jabón una cuadrilla de 4x4 cuadrados de 5x5 centímetros cada uno, con el fin de colocar un patrón diferente en cada recuadro.

La siguiente tabla muestra de forma enumeradas las telas que fueron utilizadas para llevar a cabo el estudio.

| Número de tela | Componentes de la tela | Color |
|----------------|---|-------|
| 1 | 100% Acrílico | Negro |
| 2 | 100% Algodón | Negro |
| 3 | 30% Algodón 70% Poliéster (Algodón-Poliéster) | Negro |
| 4 | 11% Elastano 89% Poliéster (Elastano-Poliéster) | Negro |
| 5 | 65% Poliéster 35% Acrílico (Habana) | Negro |
| 6 | 100% Lana | Negro |

| Número de tela | Componentes de la tela | Color |
|----------------|--|-------|
| 7 | 100% Lino | Negro |
| 8 | 20% Poliéster 80% Algodón (Mezclilla) | Negro |
| 9 | 100% Poliéster | Negro |
| 10 | 95% Elastano 5% Poliéster (Terciopelo) | Negro |

Tabla 1. Composición y color de las telas utilizadas en el estudio.

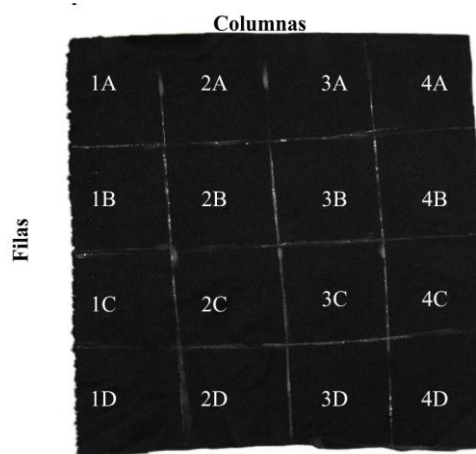


Figura 1. Organización de la cuadrícula en las telas.

En cada tela se crearon 3 patrones distintos de manchas hemáticas, los cuales son: de goteo, de escurrimiento o de flujo y de contacto, estos se colocaron en las filas A-C de cada tela. La sangre utilizada para la creación de los patrones era del tipo A+ y la donó uno de los autores. Fue extraída de la vena mediana cubital por un profesional de la salud. En la primer columna, comenzando del lado izquierdo de cada tela, se crearon patrones de manchas con sangre total en la segunda patrones de sangre con una dilución 1:2, en la tercera patrones con una dilución 1:10 y en la cuarta columna se crearon patrones con una dilución de 1:25. Las diluciones se crearon siguiendo una metodología similar a la de Sterzik & Bohnert (1) que, en su experimento llevaron a cabo un estudio comparativo donde se crearon diluciones de sangre para saber si la fotografía infrarroja era capaz de ilustrar manchas diluidas. En la mayoría de los casos revisados, la sangre que se encuentra en los indicios es pura o total y no se encuentra diluida. Sin embargo, al diluir la sangre se logran obtener manchas con poca concentración de esta (24), permitiendo evaluar la sensibilidad que tiene la fotografía infrarroja para captar sangre. También es útil conocer la sensibilidad de la cámara para situaciones cuando la sangre se encuentra en pequeñas cantidades. En la cuarta fila (D) de cada tela se colocó una gota de solución salina en cada recuadro, para que sirvieran como control, al saber cómo se vería un recuadro sin sangre.

Los patrones con sangre total se realizaron de la siguiente manera: los de goteo se crearon dejando caer la sangre desde una altura de 30 cm con la ayuda de un gotero; los patrones de escurrimiento se hicieron colocando la tela en una posición de 45° y dejando caer la sangre con un gotero; y los patrones de contacto se produjeron pasando el gotero pegado a la tela y dejando salir sangre del mismo. En cuanto

a los patrones de sangre diluida, se utilizaron jeringas de 5 mililitros, en donde para la dilución 1:2 se le introdujo 2.5 ml de solución salina y 2.5 ml de sangre total con ayuda de la aguja; para la dilución 1:10 se colocó 0.4 ml de sangre con 4 ml de solución salina y para la dilución 1:25 se diluyó aproximadamente 0.19 ml de sangre en 4.75 ml de solución salina. Para crear los patrones se siguió la metodología mencionada anteriormente, solo que en lugar de utilizar un gotero, se usaron las jeringas donde se hicieron las diluciones con la aguja puesta. Se utilizó la solución salina en la dilución para que se pudieran conservar los eritrocitos de la sangre, ya que, si se hiciera la dilución con agua, estos se degradarían rápidamente.

Las fotografías de las telas fueron capturadas en el laboratorio químico del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, en donde se oscureció el laboratorio y posteriormente las telas se colocaron una por una en un soporte de cámara. En primer lugar se tomaron todas las fotografías de luz visible utilizando una cámara Canon modelo EOS 80D con un objetivo macro de 35 mm y, adicionalmente, las telas fueron iluminadas con dos fuentes de luz LED de luz diurna de 5600 K y 16 W puestas a 45° apuntando hacia las mismas. Para capturar las imágenes en color real, se configuró la cámara con un balance de blancos personalizado utilizando una tarjeta de color. Posteriormente se capturaron las fotografías con la cámara en modo manual con los siguientes parámetros: apertura de diafragma de f/8, velocidad de 1/25 s y un ISO de 100. Por otra parte, las fotografías capturadas con la cámara no convertida se utilizó la misma cámara digital Canon modelo EOS 80D con el objetivo macro de 35 mm, pero se le acopló al lente del objetivo un filtro infrarrojo de la marca Polaroid de 49 mm modelo PLFILIR72049 de 720 nm con la ayuda de un anillo adaptador. Se utilizaron dos lámparas de radiación infrarroja colocadas a 60° sobre la tela, cada lámpara con una longitud de onda de 850 nm; el balance de blancos se configuró con el modo de día y con la tarjeta de color, luego se capturaron las fotografías con los siguientes parámetros: una apertura de diafragma de f/3.2, una velocidad de obturación de 30 segundos y un ISO de 800. Finalmente se tomaron las fotografías con la cámara de espectro completo con ayuda de una cámara digital de la marca Canon modelo EOS Rebel XS con un objetivo macro de 35 mm. Al lente del objetivo se le acopló un filtro infrarrojo de la marca Polaroid de 49 mm modelo PLFILIR72049 de 720 nm, se utilizaron dos lámparas de radiación infrarroja de 850nm de longitud de onda, colocadas a 60° sobre la telas; y el balance de blancos se configuró con el modo de día y con la tarjeta de color. Posteriormente las fotografías fueron capturadas con los siguientes parámetros: una apertura de diafragma de f/3.5, una velocidad de 1/800 segundos y un ISO de 100.

Similar al estudio realizado por Andrew Hart y colaboradores (14), para la evaluación de las fotografías se consiguió la participación voluntaria de tres peritos en fotografía forense quienes para medir el nivel de nitidez de las fotografías le dieron una calificación de entre 0 y 3 a las manchas de sangre en cada tela. La siguiente tabla muestra los criterios utilizados para cada calificación.

| Calificación | Descripción |
|--------------|---|
| 0 | No visible. |
| 1 | Apenas visible, contraste y nitidez deficientes. |
| 2 | Visible, pero carece de adecuada nitidez o contraste. |
| 3 | Muy visible, contraste y nitidez óptimos. |

Tabla 2. Descripción de las calificaciones con las que se hicieron las evaluaciones.

Resultados en la visualización de las manchas hemáticas

Todas las fotografías con sangre total fueron visualizadas con ambas técnicas de fotografía infrarroja, e incluso en algunas con luz visible, sin embargo, no todas las diluciones fueron visibles con infrarrojo. A continuación, se muestran las fotografías capturadas con luz visible y con radiación infrarroja con ambas técnicas en donde se pueden visualizar los distintos patrones hemáticos.

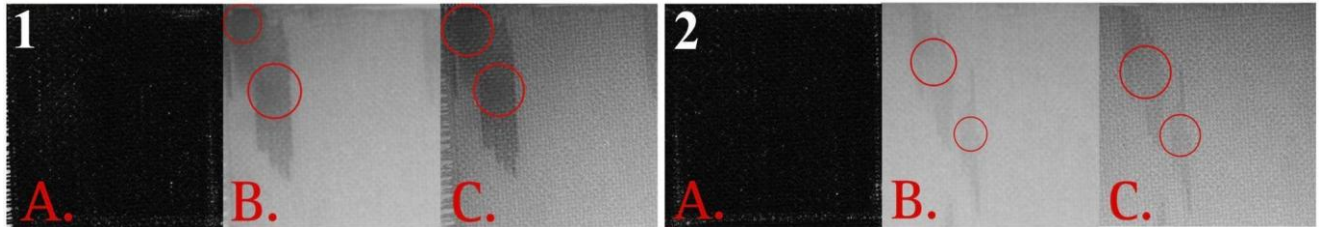


Figura 2. Tela de acrílico con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

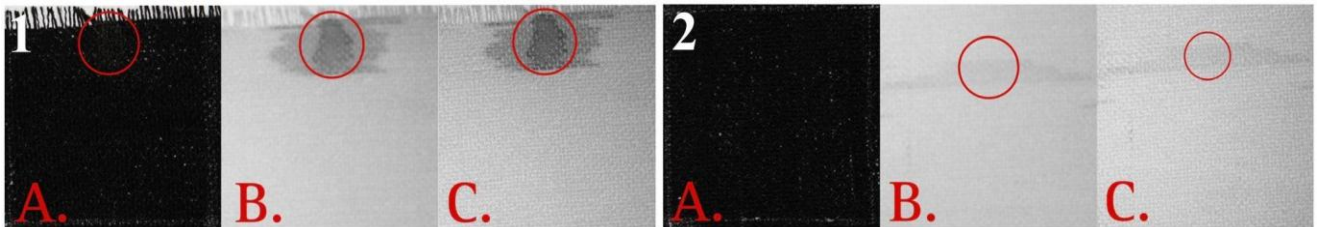


Figura 3. Tela de acrílico con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

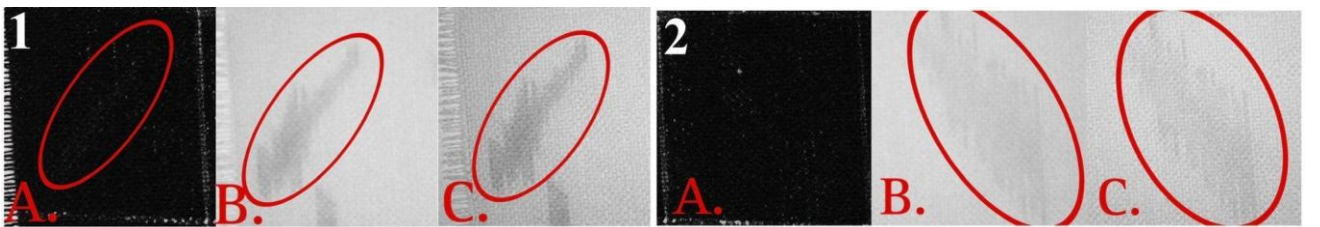


Figura 4. Tela de acrílico con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

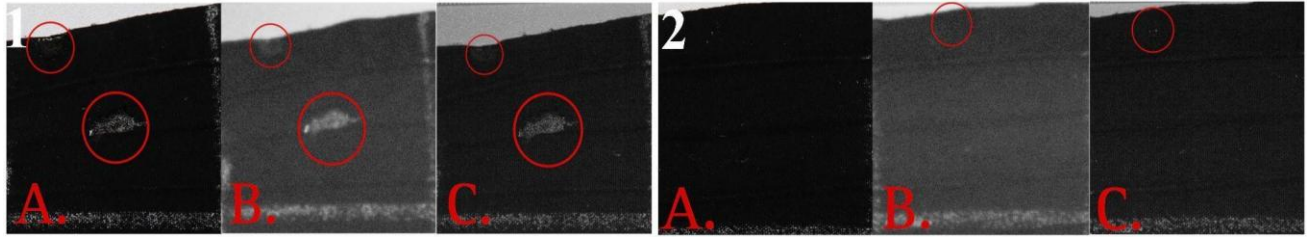


Figura 5. Tela de algodón con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

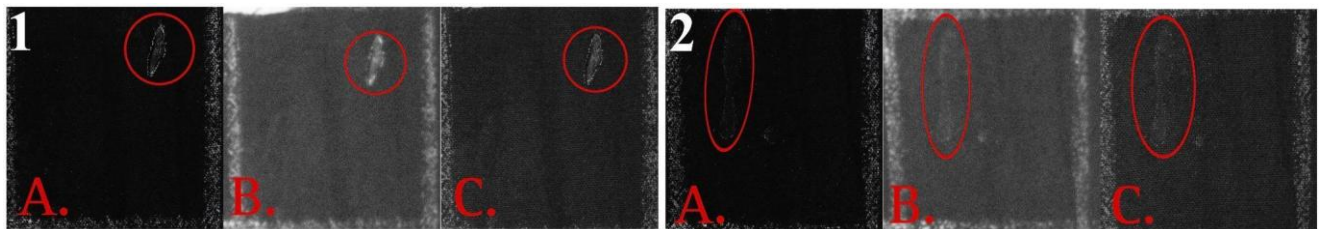


Figura 6. Tela de algodón con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

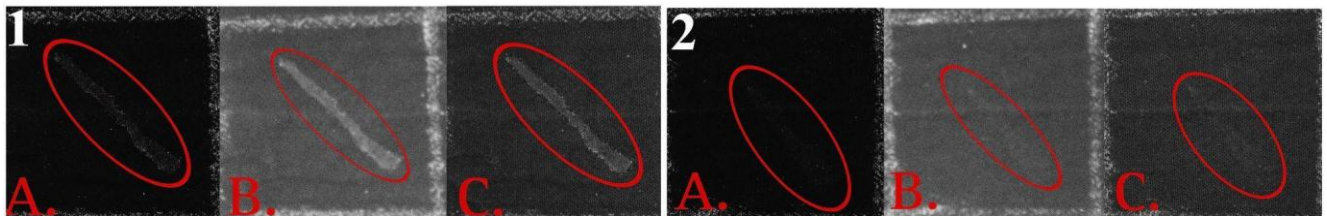


Figura 7. Tela de algodón con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

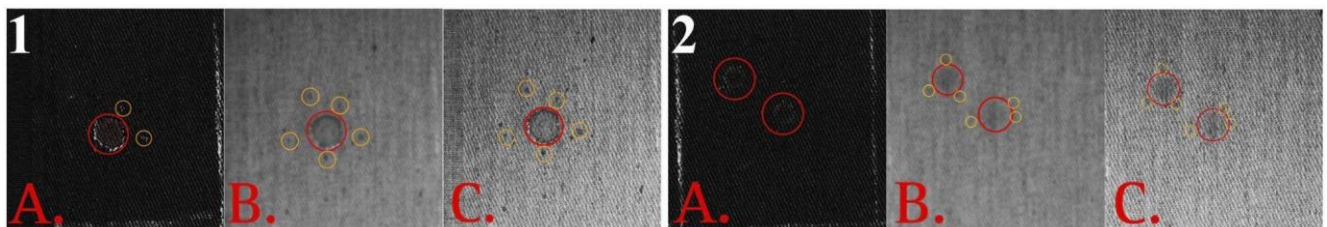


Figura 8. Tela de algodón-poliéster con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre mientras que los amarillos señalan manchas satélite.

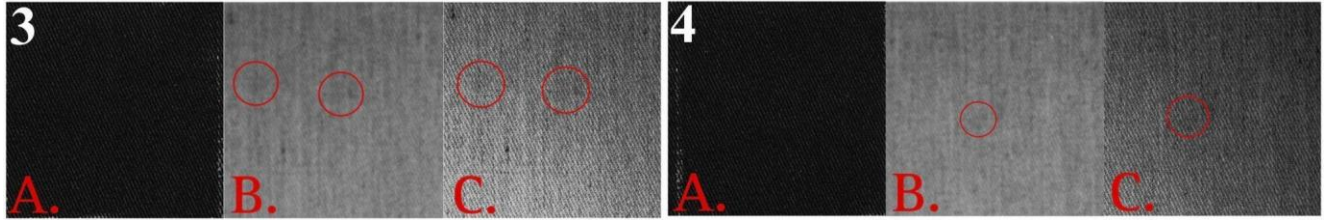


Figura 9. Tela de algodón-poliéster con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

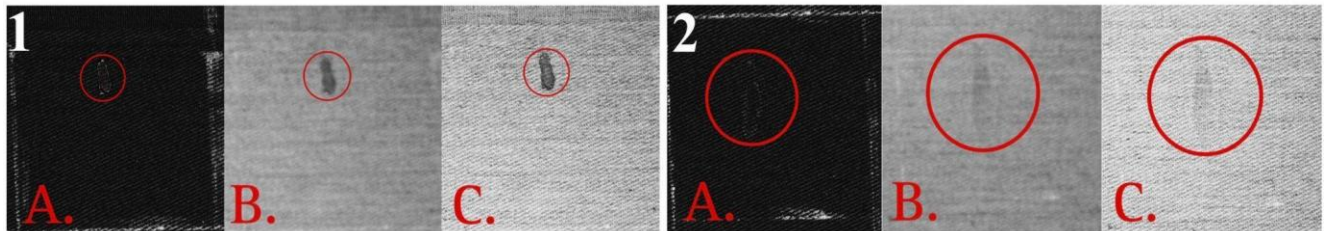


Figura 10. Tela de algodón-poliéster con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

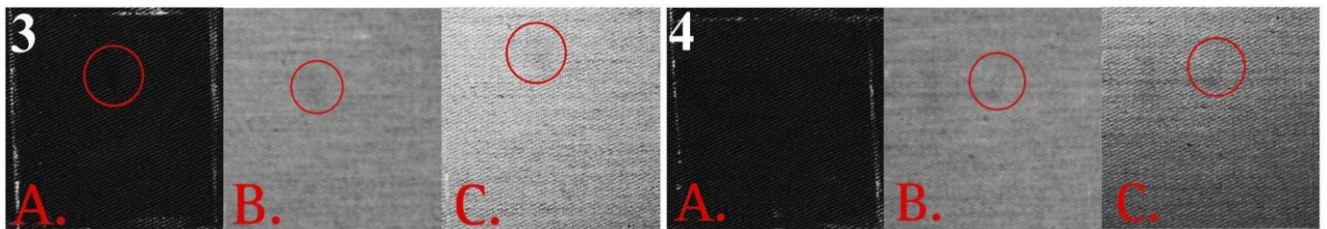


Figura 11. Tela de algodón-poliéster con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

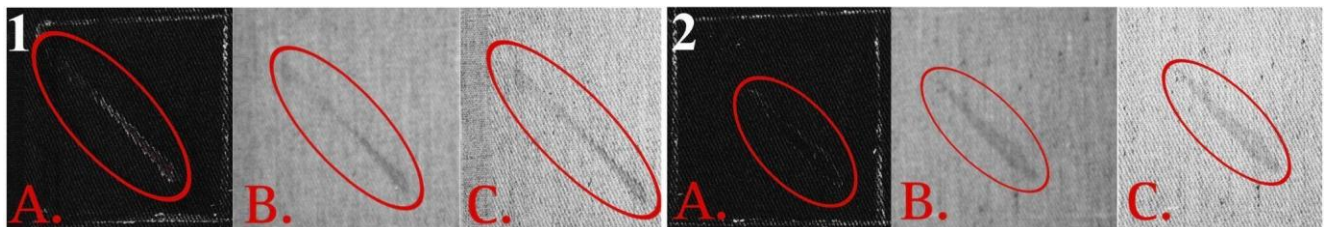


Figura 12. Tela de algodón-poliéster con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

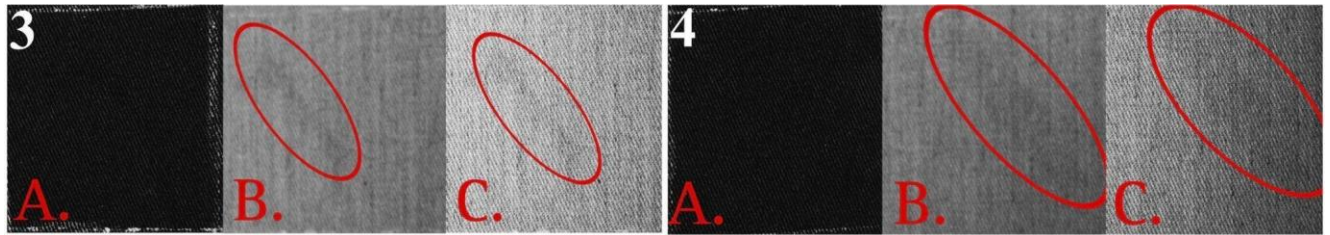


Figura 13. Tela de algodón-poliéster con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre diluida.

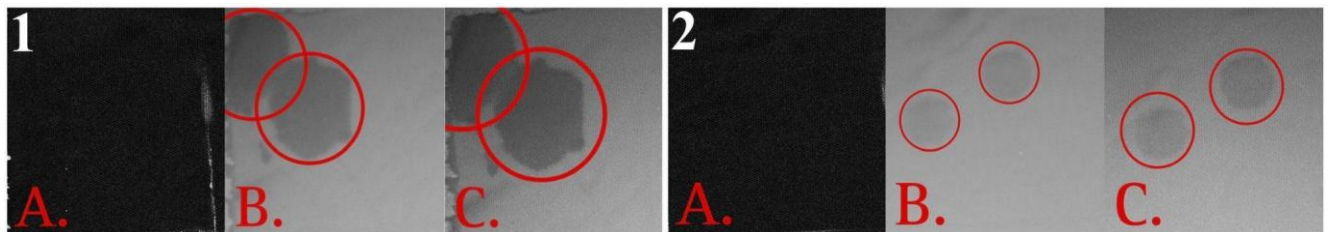


Figura 14. Tela de elastano-poliéster con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

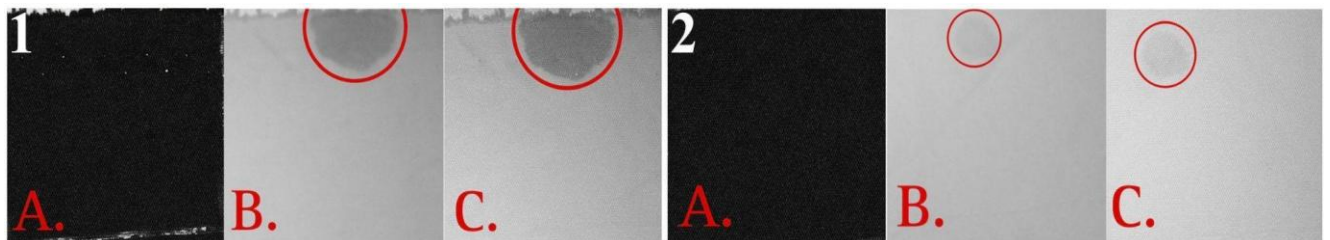


Figura 15. Tela de elastano-poliéster con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

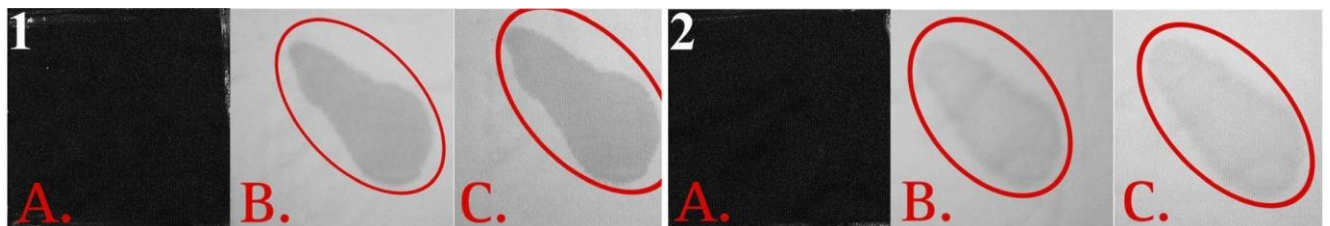


Figura 16. Tela de elastano-poliéster con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

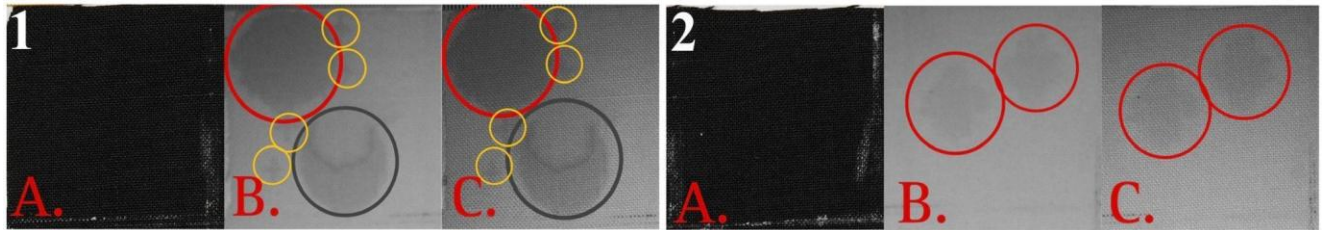


Figura 17. Tela de habana con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan la mancha de goteo, los grises señalan la mancha de goteo alterada y los amarillos señalan manchas satélites.

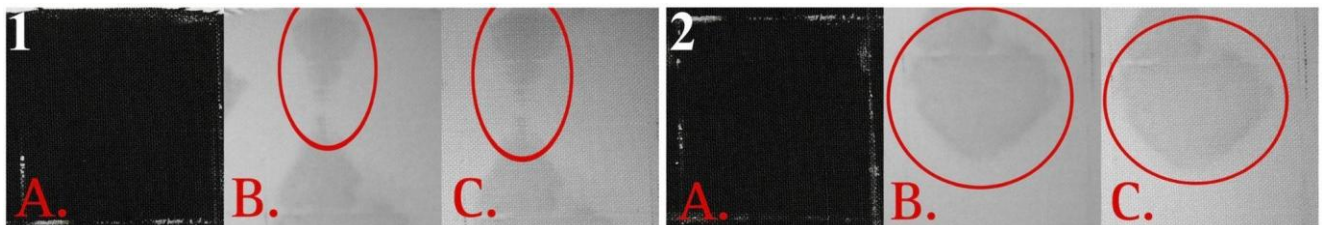


Figura 18. Tela de habana con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

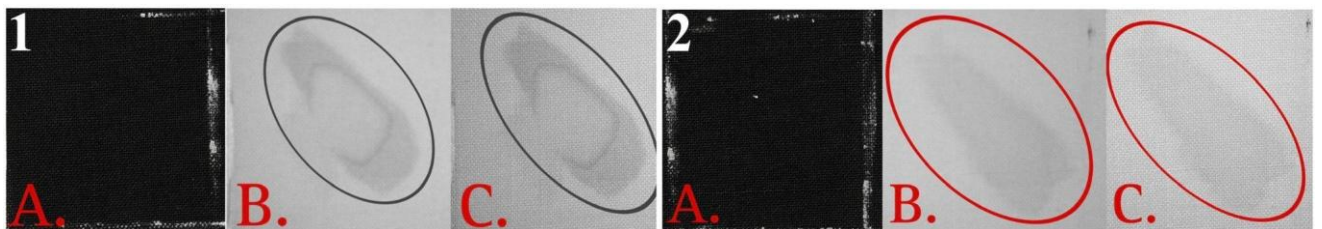


Figura 19. Tela de habana con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan la mancha de contacto y los grises señalan la mancha de goteo alterada.

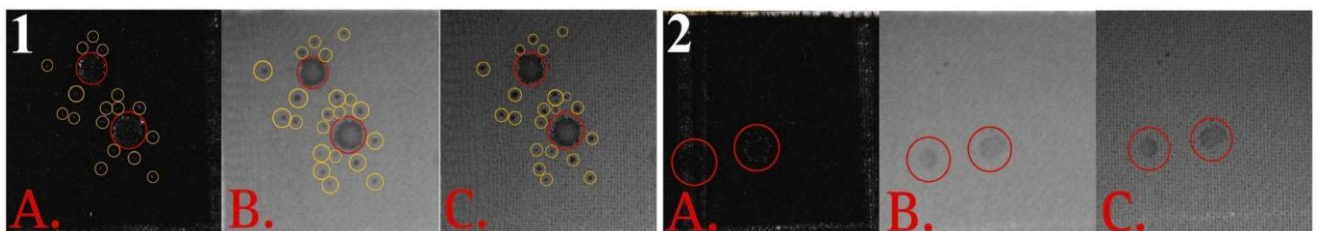


Figura 20. Tela de lana con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre mientras que los amarillos señalan manchas satélite.

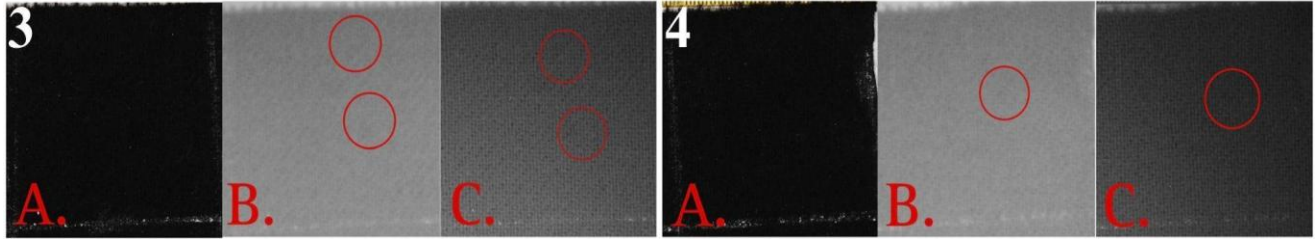


Figura 21. Tela de lana con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre diluida.

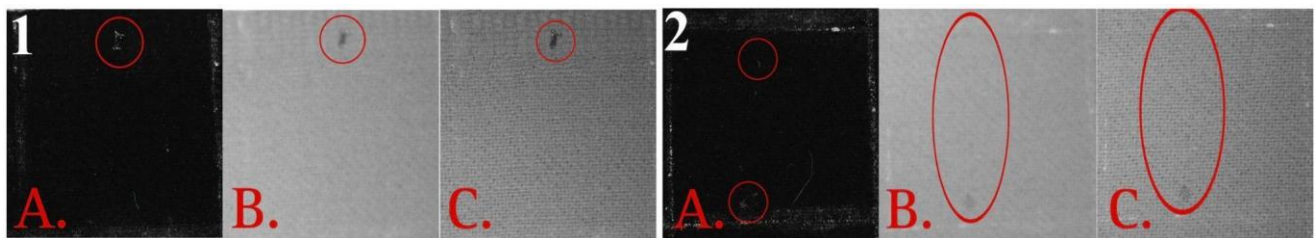


Figura 22. Tela de lana con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

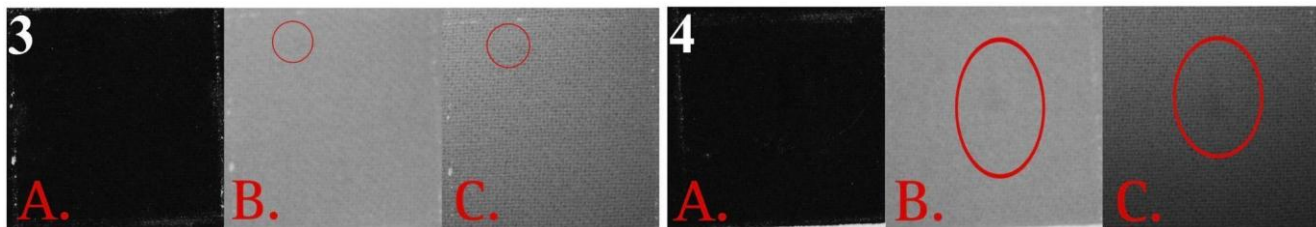


Figura 23. Tela de lana con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre diluida.

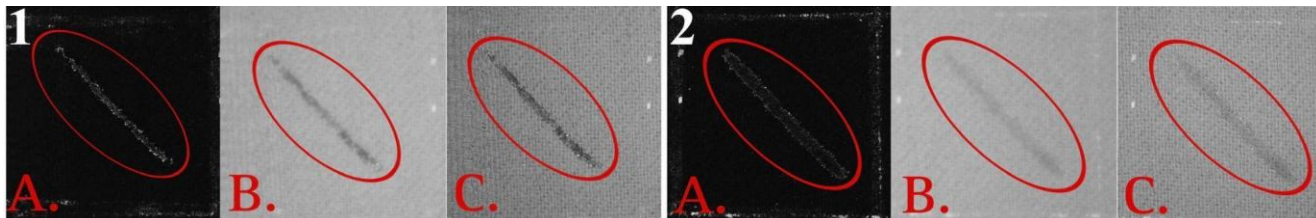


Figura 24. Tela de lana con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

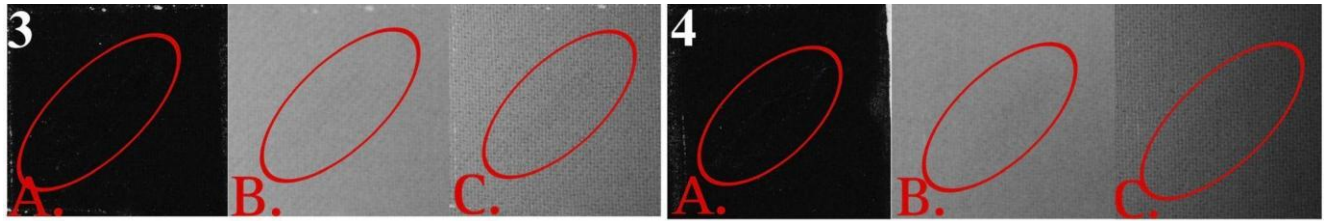


Figura 25. Tela de lana con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 3 contiene patrones de sangre diluida 1:10, mientras que el recuadro 4 contiene patrones con sangre diluida 1:25. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre diluida.

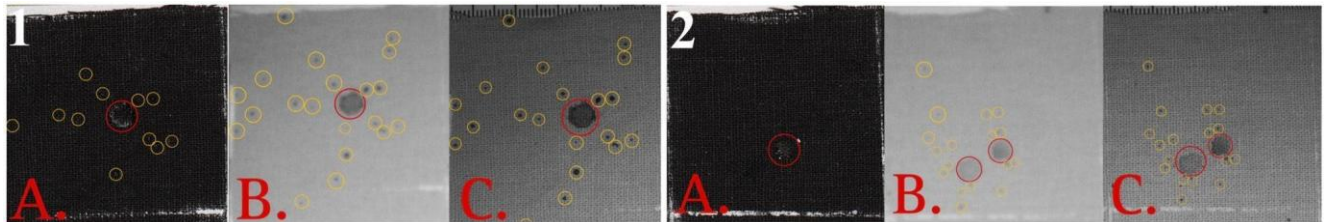


Figura 26. Tela de lino con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre mientras que los amarillos señalan manchas satélite.

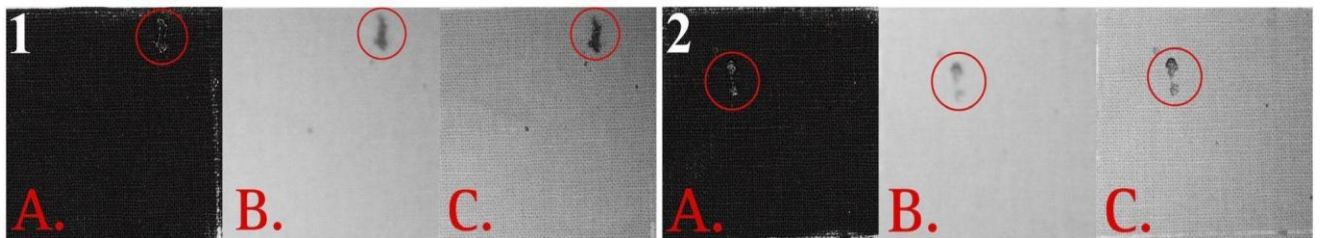


Figura 27. Tela de lino con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

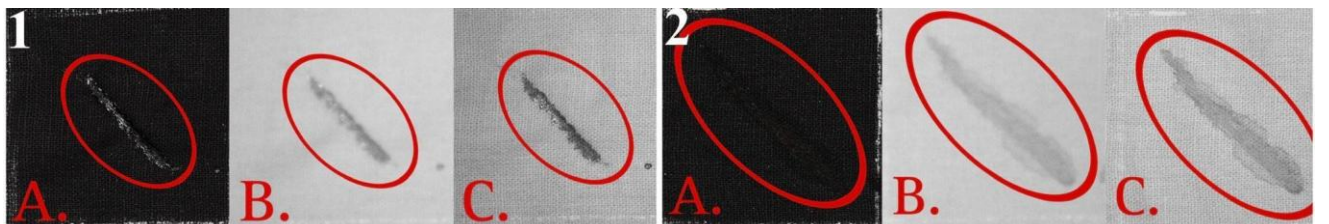


Figura 28. Tela de lino con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

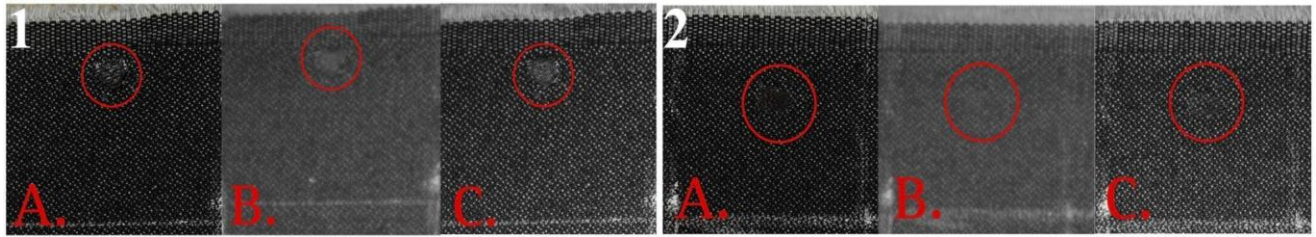


Figura 29. Tela de mezclilla con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

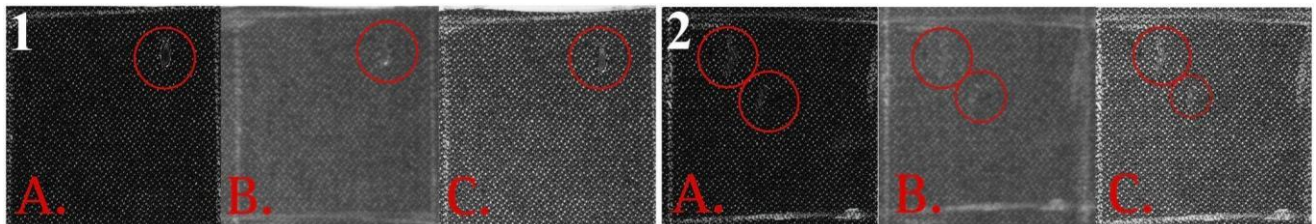


Figura 30. Tela de mezclilla con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

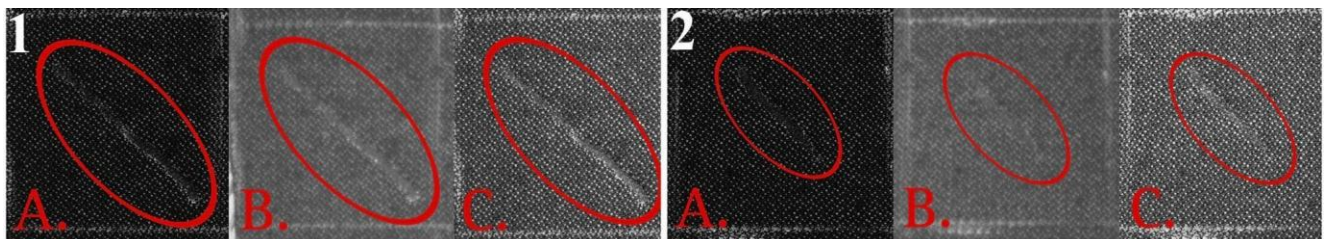


Figura 31. Tela de mezclilla con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

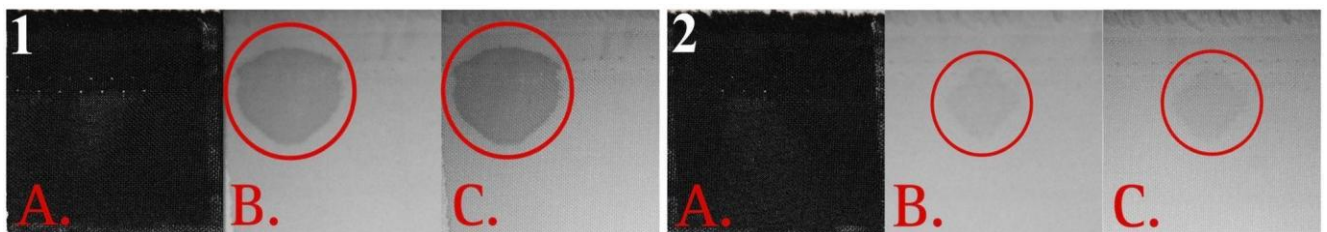


Figura 32. Tela de poliéster con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

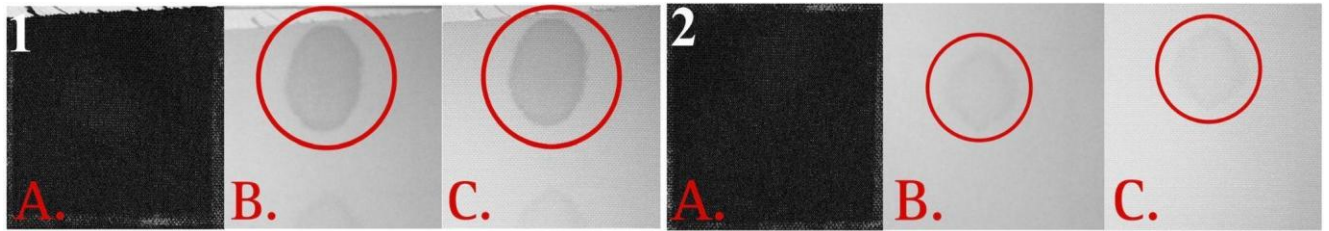


Figura 33. Tela de poliéster con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

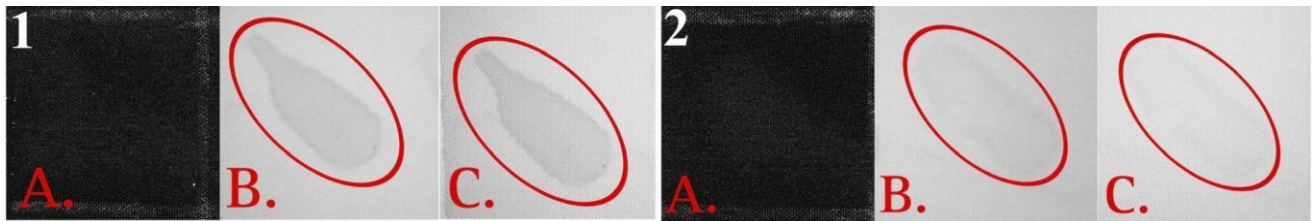


Figura 34. Tela de poliéster con patrones de contacto, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

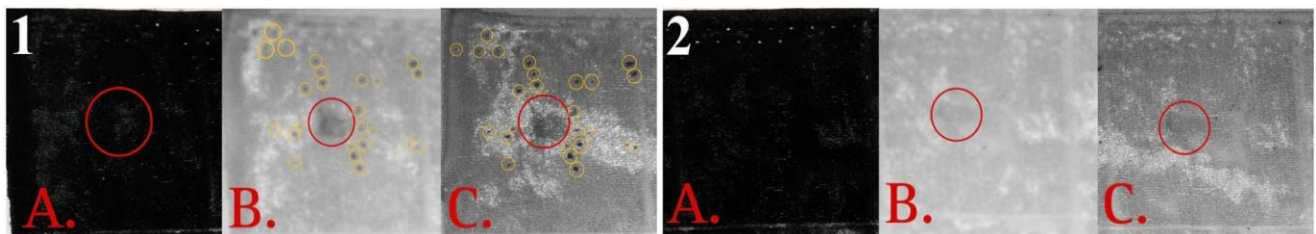


Figura 35. Tela de terciopelo con patrones de goteo, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre mientras que los amarillos señalan manchas satélite.

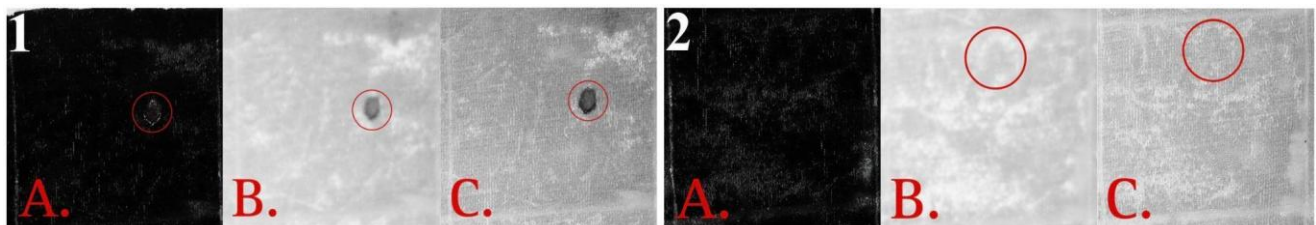


Figura 36. Tela de terciopelo con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

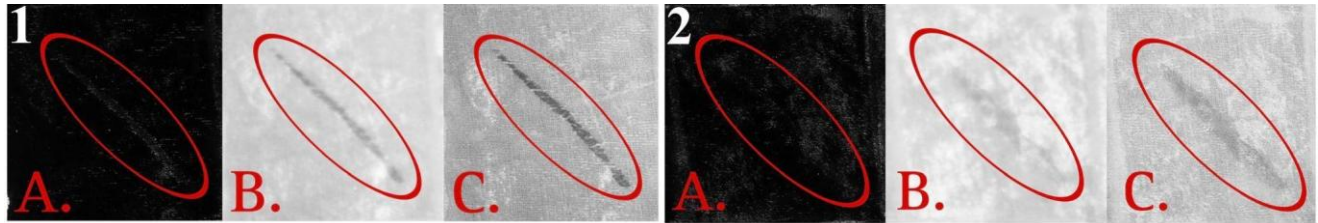


Figura 37. Tela de terciopelo con patrones de escurrimiento, el recuadro marcado con el 1 contiene patrones de sangre total, mientras que el recuadro 2 contiene patrones con sangre diluida 1:2. La A. son fotografías de luz visible, la B. son fotografías de la cámara no convertida con filtro infrarrojo y la C. son fotografías de la cámara de espectro completo. Los círculos rojos señalan las manchas de sangre.

Resultados Estadísticos

Se analizaron las evaluaciones realizadas a dos diferentes cámaras, dando un total de 720 observaciones (360 para cada cámara) encontrando una diferencia significativa ($p:0.003$) de acuerdo con la prueba U de Mann-Whitney realizada con el software SPSS.

Se encontró que la cámara convertida a espectro completo obtuvo 172 veces la puntuación de “muy visible” mientras que la cámara no convertida solo obtuvo esa puntuación un total de 77 veces, de acuerdo con el anexo 7.

| Resumen de contrastes de hipótesis | | | |
|--|--|----------|---------------------------|
| Hipótesis nula | Prueba | Sig. a,b | Decisión |
| La distribución de “calificación del perito a cada mancha” es la misma entre las categorías “tipo de cámara” | Prueba <i>U de Mann-Whitney</i> para muestras independientes | 0.003 | Rechace la hipótesis nula |

- a. El nivel de significación es de 0.050
- b. Se muestra la significancia asintótica

Tabla 3. Contraste de hipótesis hecho por el software SPSS, donde se rechaza la hipótesis nula.

Se realizó una tabla cruzada con las variables “tipo de cámara” y “calificación del perito a cada mancha” para encontrar la frecuencia que se le daba cada calificación a las fotografías de las manchas captadas por cada cámara, encontrando que la cámara convertida a espectro completo obtuvo 172 veces la puntuación de “muy visible” mientras que la cámara no convertida solo obtuvo esa puntuación un total de 77 veces.

| Tabla cruzada: tipo de cámara/calificación del perito a cada mancha | | | | | | |
|---|---------------|---------------------------------------|--------------|---------|-------------|-------|
| | | Calificación del perito a cada mancha | | | | Total |
| | | No visible | Poco visible | Visible | Muy visible | |
| Tipo de cámara | Modificada | 138 | 35 | 45 | 142 | 360 |
| | No modificada | 152 | 33 | 98 | 77 | 360 |
| Total | | 290 | 68 | 143 | 219 | 720 |

Tabla 4. Frecuencia que cada cámara recibió de calificación.

Discusión

El nivel de contraste entre las telas y las manchas hemáticas dependió del material con el que estaban confeccionadas cada tela, pues muchos textiles reflejan la luz más allá de una longitud de onda de los 830 nm (1), por lo tanto, se ven con un valor tonal alto, mientras que la sangre absorbe la luz y parece negra. P en telas como la de acrílico, elastano-poliéster, habana, poliéster y terciopelo se observaron con un valor tonal alto, pues se está reflejando el material de las telas al ser irradiadas con la radiación infrarroja de 850 nm. De igual manera, las telas de algodón-poliéster, lana y lino se reflejaron con la misma radiación, aunque esto ocurre en menor medida que las telas mencionadas anteriormente, pues estas se ven con un valor tonal medio, es decir gris. Por otro lado, en la tela de algodón y de mezclilla, se observaron casi tan negras como en las fotografías de luz visible, esto ya que probablemente el pigmento o tinte utilizado en el proceso del teñido de las telas absorbió gran parte de la radiación infrarroja de 850 nm, en lugar de reflejarla más como sí ocurrió en las otras telas.

En las evaluaciones de las fotografías infrarrojas realizadas por los peritos, las calificaciones más altas fueron obtenidas por las manchas de sangre total, y conforme se incrementó la proporción de las diluciones, se les fueron dando calificaciones más bajas en cuanto al nivel de nitidez, contraste y visibilidad que tenían las manchas hemáticas, pues la sangre total obtuvo en su mayoría calificaciones de 3 (visible), la dilución 1:2 obtuvo en su mayoría calificaciones de 3 (visible) y de 2 (ligeramente visibles), la dilución 1:10 obtuvo en su mayoría calificaciones de 0 (no visible) y la dilución 1:25 obtuvo en su mayoría calificaciones de 0 (no visible), esto también se observó en el estudio de Lin et al. (25) en donde las manchas de sangre total obtuvieron en su mayoría valores de 4 (excelente visibilidad), la dilución 1:2 obtuvo en su mayoría valores de 3 (buena visibilidad), la dilución 1:4 obtuvo en su mayoría calificaciones de 2 (visible), la dilución 1:8 obtuvo calificaciones en su mayoría de 1 (poco visible), mientras que la dilución 1:16 obtuvo sólo valores de 0 (no visible).

Según los resultados de las evaluaciones de los peritos, las fotografías capturadas con la cámara de espectro completo fueron más nítidas que las de la cámara no convertida, esto se debió principalmente por haber removido el filtro “anti-aliasing” ya que al usar velocidades más lentas se sacrifica un poco de nitidez porque se debe compensar con una apertura del diafragma más abierta o bien, usar un ISO más alto (19). Esto se observó al comparar los parámetros usados, ya que la cámara de espectro completo utilizó un ISO de 100 y una velocidad de 1/800 s, los cuales son valores más bajos que los usados en la cámara no convertida, pues está utilizó un ISO de 800 y una velocidad de 30 segundos.

Conclusión

En la mayoría de las fotografías con luz visible, los patrones de manchas hemáticas pasaron desapercibidas o no se visualizaron tan definidas, en cambio en las fotografías infrarrojas sí, por lo que se demostró que es una técnica con gran sensibilidad. Por otro lado, en las fotografías infrarrojas de ambas cámaras se mostró la misma información referente a la visualización de los patrones hemáticos, sin embargo, sí hubo una diferencia en cuanto a la nitidez con la que estos patrones se pudieron observar, pues al realizar una comparativa de las imágenes y según los datos estadísticos obtenidos por parte de las calificaciones brindadas por los peritos en fotografía forense, la cámara convertida a espectro completo obtuvo cerca del doble de veces la calificación “muy visible” con respecto a la no convertida, demostrando que captura imágenes más nítidas que la cámara no convertida.

La visualización de los patrones de sangre total se pudo diferenciar fácilmente, incluso en patrones muy pequeños como lo son las manchas satélite. Sin embargo, la visualización de los patrones de sangre diluida se vio afectado por el material con el que estaban confeccionadas las telas utilizadas, pues reflejaron o absorbieron la radiación infrarroja en mayor o menor medida. Las únicas telas en las que se pudieron visualizar todos los patrones fueron en la de algodón-poliéster y la de lana, mientras que en las demás telas sólo se visualizaron hasta la dilución 1:2. Se desconoce si utilizando otra marca o modelo de un filtro infrarrojo, ya que varían en su fabricación, o así mismo, una fuente de radiación infrarroja con una mayor longitud de onda se pueda aumentar la sensibilidad de la fotografía infrarroja para así poder visualizar estos patrones.

Al ser la fotografía infrarroja una técnica poco utilizada en México, se considera importante que las instituciones de procuración de justicia deberían tener el equipo necesario para llevar a cabo este tipo de fotografías a los indicios previo a realizarles cualquier otro procedimiento, ya que no es una técnica que llegue a alterar el indicio de ninguna manera al no ser destructiva. Asimismo, genera una imagen en donde se captura lo que el ojo humano no es capaz de visualizar a simple vista, además es una técnica que tiene muchos alcances dentro del ámbito de las ciencias forenses más allá de la visualización de manchas hemáticas.

Referencias

1. Sterzik V, Bohnert M. Reconstruction of crimes by infrared photography. *Int J Legal Med.* 2016; 130(5): 1379-1385.
2. Gorn M, James S. Using infrared Photography to Document Clothing Evidence in the Reconstruction of a Homicide. *JBPA.* 2012; 28(4): 3-9.
3. Airlie M, Chaseling J, Krosch M, Wright K. An evaluation of infrared photography for detecting bloodstains on dark-coloured floor coverings commonly encountered at crime scenes. *Aust. J. Forensic Sci.* 2022; 54(2): 280-292.
4. Narcotti G. *La Fotografía Pericial: El Uso de la Fotografía Digital Infrarroja en la Criminalística.* Argentina: Dosyuna Ediciones Argentinas; 2013.
5. López J. *Criminalística Actual: Ley, Ciencia y Arte.* México: Euroméxico; 2017.
6. Rico F, de Anda D. *La Fotografía Forense en la Peritación Legal.* México: Editorial Trillas; 1991.
7. Gordo X, Piro M, Soria M, Temí S, Cots L, García D, et al. *Criminología, criminalística e investigación.* Colombia: Grupo Distribuidor Latinoamericano; 2018.
8. Guzmán M. *Manual de Buenas Prácticas en Fotografía Forense.* México: Editorial Flores; 2020.
9. Vilallonga M, Oviedo M. Fijación, exactitud y nitidez. El registro fotográfico forense y su valor etnográfico visual en Medicina Legal. *Rev Fac Cien Med (Quito).* 2018; 43(2): 154-160.
10. De Forest P, Pizzola P, Kammrath B. *Blood Traces Interpretation of Deposits and Distribution.* United States of America: Wiley; 2021.
11. Angulo R. *Medicina Forense y Criminalística Sistema Penal Acusatorio.* 3ª ed. Colombia: Ediciones Doctrina y Ley LTDA; 2010.
12. Larkin B, Banks C. Recent Advances in Bloodstain Pattern Analysis. In Katz E, Halánek J, editors. *Forensic Science A Multidisciplinary Approach.* Weinheim: Wiley-VCH; 2016. p.263-281.
13. Robinson E. *Crime Scene Photography.* 2nd ed. United States: Elsevier; 2010.

14. Hart A, Barnes G, Fuller F, Cornwell A, Gyula J, Marsh N. Finding blood in the dark: A comparison of infrared imaging devices for the detection of bloodstains on dark fabrics based on their resolution. *Forensic Sci. Int.* 2021; 330: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111124>
15. Nikon. Muaré y Falso Color [Internet]. México; 2012 [citado 20 de junio de 2024]. Disponible en: https://cdn-4.nikon-cdn.com/es_MX/o/IR_zy2AqXuj-BK_WT0SetI-fChs/PDF/Muare_y_Falso_Color.pdf
16. Pillman B. Impact of CCD Size, Pixel Pitch, and Anti-Aliasing Filter Design on Sharpness of Digital Camera Prints. IS&T's PICS 2000 Conference. 2000; 3: 216-220.
17. Farace J. Complete Guide to Digital Infrared Photography. New York: Lark books; 2006.
18. Sandidge D. Digital Infrared Photography Photo Workshop. Indianapolis: Wiley Publishing; 2009.
19. Busch D. David Busch's Digital Infrared Pro Secrets. United States of America: Thomson Course Technology; 2007.
20. Marin N, Buszka J. Alternate Light Source Imaging. United Kingdom: Elsevier; 2013.
21. Mangold K, Shaw J, Vollmer M. The physics of near-infrared photography. *Eur. J. Phys.* 2013; 34: S51-S71.
22. Narcotti G. La fotografía digital infrarroja como herramienta pericial. *Expresión Forense.* 2015; 3(23): 40-44.
23. Barucca V. Fotografía infrarroja digital para la detección de manchas de sangre cubiertas por pintura. *ReCiF.* 2023; 2(1): 39-60.
24. Vandewoestyne M, Lepez T, Van Hoofstat D, Deforce D. Evaluation of a Visualization Assay for Blood on Forensic Evidence. *J Forensic Sci.* 2015; 60(3): 707-711.
25. Lin A, Hsieh H-M, Tsai L-C, Linacre A, Lee J. Forensic Applications of Infrared Imaging for the Detection and Recording of Latent Evidence. *J Forensic Sci.* 2007; 52(5), 1148-1150.