

# Aproximación al cálculo del ángulo de impacto de una gota de sangre: ensayos orientativos

## Approximation to the calculation of the impact angle of a bloodstain drop: Orientative tests

Óscar Xavier Cifuentes Escobar<sup>1</sup>

*Recibido: 5 de marzo de 2021*

*Aceptado: 19 de mayo de 2021*

*Publicado: 28 de junio de 2021*

### Resumen

El manejo de los indicios biológicos demanda una experticia muy aguda. El trabajo en la escena del crimen es tan importante como los análisis de sangre en el laboratorio, indicio biológico por excelencia con una potencialidad de análisis. El comportamiento físico, químico y biológico de la sangre debe ser interpretado correctamente en todas las fases de la investigación criminal. Mediante una metodología descriptiva con una valoración de casuística real, el presente artículo pretende, en primera instancia, aglutinar los ensayos orientativos para la determinación de sangre cuyo entendimiento holístico representará al analista de laboratorio un ahorro de tiempo y esfuerzo al momento de su levantamiento. Además, se pretende comprobar el método para calcular el ángulo de impacto de gotas de sangre en planos horizontales y verticales, información que puede utilizarse para determinar la posición de los intervinientes de un hecho siguiendo el principio de intercambio dentro de la criminalística.

**Palabras clave:** ángulo de impacto, ensayos orientativos de sangre, gota de sangre, manchas de sangre, patrones hemáticos

### Abstract

The handling of biological traces requires a lot of experience. The work in the crime scene is as important as the analyzes in the laboratory, the examiners, in scene with this type of traces, must apply the techniques that each case needs, taking advantage of indicative tests that give us a saving of time and effort at crime scene. A very specific case corresponds to stains of blood tissue, which have been studied for many years, and are a biological trace with an enormous potential for analysis and interpretation. The blood being a fluid, has a very special character and its physical, chemical and biological mean must be interpreted correctly in all the phases of a criminal investigation. The blood then has its own language and we as experts will occupy the role of translators in some cases and interpreters in others. One of the possible determinations is the calculation of the impact angle in a horizontal and vertical plane surface, which could give information about the position of the participants, following the principle of exchange in crime scene.

**Keywords:** Angle of impact, bloodstains, blood patterns, orientative tests of blood, drop of blood

<sup>1</sup> Mayor de la Policía Nacional del Ecuador. Perito acreditado por el Consejo Nacional de la Judicatura. Licenciado en Criminalística y especialista en Investigación Científica del Delito (Buenos Aires -Argentina). oscaritocifuentes@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2251-9500>.

## Introducción

En la investigación sobre las manchas de sangre se encuentran implícitas varias situaciones: 1) la búsqueda de las posibles manchas de sangre; 2) fijación, diagnóstico e interpretación físicoquímica de su producción y ubicación; 3) traslado y análisis de las muestras en el lugar de los hechos o en el laboratorio. Este artículo se centra en estas tres cuestiones como eslabones de la cadena que representa un procedimiento de investigación técnica criminal y tiene por objetivos:

- Distinguir ciertas concepciones erróneas y carentes de rigurosidad relacionadas a las interferencias en los ensayos orientativos más utilizados al momento de tratar y levantar un indicio sanguíneo.
- Demostrar la fórmula para el cálculo del ángulo de impacto de una gota de sangre sobre un plano horizontal utilizando la geometría y trigonometría.
- Ubicar a los ensayos orientativos dentro de la investigación científica criminal desde el enfoque de la criminalística y criminología.

Es común el término de falso positivo o falso negativo. En las determinaciones forenses el análisis de los restos inorgánicos, producto de un disparo de arma de fuego o de la aplicación de reactivos orientativos en una mancha de sangre, puede llevar a lo anterior. En este debate han opinado personas con conocimientos superficiales o mal fundados, llevando sus ideas al plano de lo subjetivo y creando un ambiente de desconfianza generalizada en el trabajo pericial y técnico científico.

## Preguntas de investigación

El presente artículo intentará responder las siguientes inquietudes: ¿la interferencia en un ensayo orientativo para determinar la presencia de sangre en una muestra está relacionada con su sensibilidad?; ¿la interferencia en un ensayo preliminar para la detección de sangre en una muestra está vinculada con la matriz o soporte donde se encuentra?; dentro del análisis e interpretación de las manchas de sangre producidas

por goteo, ¿es posible calcular el ángulo de impacto?, de ser el caso, en ¿qué aportaría este dato a la investigación?

## Materiales y métodos

Se realizó la búsqueda de información fotográfica y documental en el archivo del Grupo de Inspección Ocular Técnica de la Jefatura Zonal de Criminalística en la ciudad de Guayaquil, de los casos en los que se evidenció manchas de sangre como indicios asociativos. Se investigó el diagnóstico, la metodología utilizada para su levantamiento y la fórmula implementada para el cálculo del ángulo de impacto en los planos horizontales y verticales de relativa dureza.

Se realizó un ensayo de laboratorio para verificar un falso positivo con el uso de hipoclorito de sodio que es un blanqueador desinfectante frecuentemente utilizado para la limpieza y desinfección de los ambientes. En síntesis, se utilizaron los siguientes materiales:

- Documentos y fotografías del archivo de la Jefatura Zonal de Criminalística de Guayaquil, JCRIM-Z8.
- Reactivo luminol, fenolftaleína, leucomalaquita.
- Hipoclorito de sodio comercial (NaClO).
- Sentencia del juicio de caso Guañuna en los Tribunales de Justicia en Ecuador.

## La sangre en la criminalística

Sherlock Holmes, personaje de ficción creado por Arthur Conan Doyle pregonaba que *nada resulta más engañoso que un hecho evidente*. Los funcionarios avocados a una investigación tienden a banalizar y tornar monótonos a los procedimientos. Consideran que su experiencia es lo suficientemente extensa como para explicar el universo de los hechos en una escena. Algunos de ellos dejan de observar los detalles, lo minúsculo. Esto se debe, quizás, a la comodidad intelectual o, tal vez, se trate de un matiz cultural que los lleva a caminar por los lugares más transitados por considerarlos más seguros. En definitiva, solo analizan

los indicios de cualquier tipo, los biológicos no se escapan a esta realidad. En una escena, donde existen variadas manchas de sangre, llama la atención las más voluminosas y se dejan de lado las gotas más pequeñas. Son estas últimas las que ofrecen información de cuestiones físicas más puntuales e importantes para la investigación.

Para la criminalística la sangre tiene varias aristas para su abordaje. Discurre entre la interpretación de los patrones dinámicos de impacto sobre superficies y la tipificación individual mediante técnicas bioquímicas, pasando por la búsqueda y levantamiento apropiado de las muestras. La bibliografía al respecto es nutrida, sin embargo, las pruebas orientativas para el análisis y determinación preliminar de sangre no han tenido mayores cambios en los últimos años. Lo más notable, sin duda, es que las autoridades judiciales en sus peritajes se están inclinando por los ensayos con resultado luminiscente pero, el fundamento de su respuesta bioquímica sigue siendo el mismo.

En el análisis, los indicios de pelos, semen y sangre, no escapan de la rigurosidad del método científico: los indicios son sometidos a diferentes diagnósticos que ayudarán a resolver los interrogantes periciales que se plantean. En primera instancia, el perito que acude a la escena se preguntará si lo que observa es sangre. Para contestar esto puede llevar a cabo diversos ensayos preliminares *in situ* o trasladar en debida forma la muestra del fluido sospechado al laboratorio. Una vez establecida de manera presuntiva la naturaleza del fluido se pueden realizar otros ensayos de certeza ya sea microscópicos, microcristalográficos, cromatográficos u otros.

Luego de esto, el siguiente diagnóstico busca resolver si la sangre es humana. Para ello se pueden llevar a efecto varias reacciones como, por ejemplo, el de “las precipitinas, basada en la técnica de Uhlenhuth, Wasserman y Schultze. Un resultado positivo indica proteínas humanas, pero no necesariamente sangre si previamente no se ha demostrado por los análisis precedentes”.<sup>2</sup> En el siguiente diagnóstico se determina el grupo sanguíneo ABO mediante las reacciones antígeno-anticuerpo. Finalmente, se encuentra el diagnóstico individual que precisa el perfil genético de

la muestra, se le atribuye a una víctima o persona sospechosa y, por tanto, se da fundamento científico a la reconstrucción del delito.

Por todo lo mencionado, es imprescindible que cada diagnóstico se lleve a cabo con sumo cuidado. Las pruebas orientativas aseguran un resultado eficaz y eficiente siempre que estén correctamente aplicadas ya que, de lo contrario, ponen en riesgo toda la investigación. Estos ensayos conducen a dos tipos de caminos: el primero es un resultado positivo, que se convierte en el inicio de los diagnósticos mencionados *ut supra*; el segundo es un resultado negativo que permite descartar la naturaleza sanguínea de la muestra. Sin embargo, esto no es tan sencillo. Así como existen falsos positivos, son probables otras interferencias que den un falso negativo.

## Resultados

### Los ensayos orientativos más comunes: breve descripción de sus fundamentos

Los ensayos preliminares son pruebas rápidas basadas en la actividad de peroxidasa que posee el grupo hemo de la hemoglobina de la sangre, y que en presencia de agua oxigenada y ciertos reactivos orgánicos dan lugar a la aparición de coloraciones o luminiscencia que orientan sobre la posible existencia de sangre en las muestras analizadas.<sup>3</sup>

La anterior definición explica el fundamento de las técnicas que aprovechan el extenso mundo de las reacciones bioquímicas y se centran en el desarrollo de color para el auxilio en la interpretación de la criminalística. Entonces, para que propicie la reacción se requieren tres factores: la enzima catalítica presente en el grupo hemo de la sangre (peroxidasa), un agente desencadenante (agua oxigenada) y un sustrato oxidable (fenolftaleína, bencidina, luminol, *bluestar*, leucomalaquita, entre otro). Aquí se generan dos posibles resultados: el primero, que bajo la presencia de la peroxidasa y luego de la aplicación del agua oxigenada, el sustrato se oxide producto

2 Carlos A. Palacios, *Apuntes de Química Aplicada II* (Buenos Aires: Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina, 2013).

3 Rosa Graells de Kempny, María Oneto y María Montalto de Meca, “Manchas de sangre”, en *Tratado de criminalística, tomo II, La química analítica en la investigación científica del delito* (Buenos Aires: Policial, 1987).

de la liberación de oxígeno y se produzca un color característico o quimioluminiscencia o, segundo, un resultado negativo al no verificarse cambio alguno en el sustrato.

### La sensibilidad de los ensayos orientativos

Las peroxidases no son exclusivas de la sangre humana, también las encontramos en ciertos vegetales y otras secreciones. Es allí cuando los ensayos se vuelven más o menos efectivos: los presuntivos han demostrado ser más sensibles que los confirmatorios. Según la *Internacional Union of Pure and Applied Chemistry* (Iupac) la sensibilidad es la pendiente de la curva de calibración de la concentración de interés, es decir, el cambio mínimo que puede detectarse de manera significativa en una concentración. “Para cada clase de muestra hay un límite, por debajo del cual en un volumen dado de solución, no se puede reconocer su presencia a través de una determinada reacción. Esto está vinculado a lo que se denomina sensibilidad”.<sup>4</sup> Estas definiciones nos aclaran que la sensibilidad está estrechamente relacionada con la concentración de una determinada sustancia que, en nuestro caso de estudio, es la sangre en un sustrato o solución.

La química analítica aporta a la criminalística el desarrollo de nuevas técnicas, innovando, modificando y mejorando los ensayos para que sean más sensibles, rápidos y económicos. Este objetivo se convierte en un dilema para el investigador ya que en muchas ocasiones no se puede mejorar una de las características mencionadas sin detrimento de las otras dos. Por lo general, cuando se trata de cuantificar analitos de muy baja concentración se utiliza un instrumental altamente complejo, costoso y lento. Pero, si el objetivo es determinar cualitativamente la presencia de un analito en la muestra, entran en acción los ensayos presuntivos, orientativos o preliminares.

Otra de las consideraciones que preocupan al perito es el daño que puede sufrir una muestra al aplicar un reactivo, así como también, el riesgo a la salud que puede originarse al especialista que opera. Esta fue uno de las causas para que ciertos laboratorios forenses dejasen de utilizar la

bencidina que, presente en la denominada reacción de Adler, tenía efectos cancerígenos.<sup>5</sup> Los ensayos orientativos tienen un desarrollo histórico extenso que van desde que “Barruel, en 1829 describiera el método que permitió distinguir la sangre humana de la animal”<sup>6</sup> hasta las técnicas espectroscópicas. Esta publicación se basó en ensayos preliminares utilizados por las ciencias forenses.

Si cuando se emplean ensayos que utilizan un PH fuertemente alcalino (10,5-13) como el luminol, Kastle-Meyer, incluso el Bluestar®, las reacciones netamente positivas aparecen rápidamente y el profesional con experiencia, guiándose además por el aspecto, color y forma de la mancha puede llegar a obtener conclusiones bastante precisas.<sup>7</sup>

Lo afirmado por estos especialistas es posible siempre y cuando que se siga los pasos del método científico y se recuerde que los ensayos siguen siendo inespecíficos.

### Interferencias en los ensayos

Para los ensayos descritos se considera la interferencia cuando sin el agregado de agua oxigenada ya se observa cambio de color. Algunas de las más estudiadas según Graells, Oneto y Montalvo<sup>8</sup> son las siguientes:

- Sales de cobre y níquel: interfieren solo en soluciones concentradas. La coloración leve aparece antes del agregado del agua oxigenada.
- Sustancias de origen animal: pus, secreción nasal, entre otras, que puedan contener restos de sangre.
- Peroxidasas vegetales: debe observarse el color de la mancha antes de los ensayos. Generalmente se asocian a las plantas los

4 Carlos A. Palacios, Apuntes de *Química Aplicada I* (Buenos Aires: Instituto Universitario de la Policía Federal, 2013).

5 Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Bencidina*, (División de Toxicología, 2001), <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq25.pdf>.

6 Ana Castelló Ponce, *Revisión crítica del diagnóstico de orientación en el estudio de las manchas de sangre: falsos negativos en la prueba de Adler. Una aplicación de la química legal* (Valencia: Universitat de Valencia, 2011).

7 Rosa Graells de Kempny, María Oneto y María Montalto de Meca, “Manchas de sangre”.

8 *Ibid.*

colores verde y blanco. En principio, no representarían problema para su diferenciación pero pueden engañar al estar sobre soportes de tono oscuro.

Las sustancias a base de cloro pueden interferir en los resultados de los ensayos quimioluminiscentes (luminol y *bluestar*<sup>®</sup>). Sin embargo, “esta reacción es visualmente diferente: para el caso de la mancha de lavandina (lejía o cloro), el aspecto luminiscente es difuso y una mancha de sangre tendrá una tinción claramente definida”.<sup>9</sup> Esto fue comprobado por quien escribe este artículo, aportando, además, que la luminiscencia si bien es más intensa, es menos perdurable.

Se debe prestar atención a los soportes hidrófobos, lisos y pulidos. Si bien no permiten que la sangre se impregne de manera profunda, acciones de limpieza dejarían una zona ampliamente distribuida con sangre latente. Vuelve a jugar un rol importante la perspicacia del perito en el momento de la búsqueda y diagramación de las hipótesis del evento criminal. Cabe destacar que además de las sustancias antes descritas se ha “observado luminiscencia con ciertos cementos (concretos) y tierras, algunos tipos de barnices y resinas sintéticas de pinturas, etc.”.<sup>10</sup>

**Tabla 1**

**Diferenciación entre las peroxidasas de origen animal y vegetal ante la aplicación del reactivo**

Peroxidasas animales	Peroxidasas vegetales
<b>Temperatura</b>	
Son estables al calentarlas	Son inestables a 100 °C
<b>Persistencia en el tiempo</b>	
Darán fuertes reacciones durante meses	Prácticamente no reaccionan después de unos pocos días
<b>PH</b>	
Reaccionan en medio fuertemente alcalino (Kastle-Meyer, luminol)	Reaccionan bien con sustratos ácidos, lo hacen débilmente o no lo hacen con alcalinos.

Elaboración: por el autor.

9 Philippe Blum & Estéphanie Rocquefelte, “A new high performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence”, *Canadian Society of Forensic Science Journal* XXXIX, n.º. 3 (2006).

10 Juan Oswaldo Ronelli, Héctor Luis del Mónaco y Jorge Oswaldo Ossola, “Determinación de trazas de sangre en delitos de lesa humanidad en la provincia de Tucumán”, *Minerva*, (2016).

En este punto conviene establecer la diferencia entre luminiscencia y fosforescencia ya que muchas veces se las usa de manera indistinta incurriendo en un error técnico. Sin entrar en mayores detalles, los ensayos a base de luminol arrojan un resultado quimioluminiscente. La luminiscencia es la propiedad que tienen algunos cuerpos de emitir luz sin elevación de la temperatura,<sup>11</sup> es decir, producto de la reacción de oxidación se puede observar una reemisión de energía inmediatamente al producir el estímulo. El tiempo de permanencia de este fenómeno es relativamente corto. En la fosforescencia la energía es almacenada por la sustancia y luego se emite en un tiempo más prolongado.

### Aplicación de los reactivos orientativos

Es preciso tomar en cuenta varias consideraciones con respecto a estos ensayos. En primer lugar, se debe usar protección de bioseguridad, preferiblemente trajes completos conocidos comercialmente como *tyvek*, guantes, cubrecalzado, protectores oculares y buconasales. En segunda instancia, la técnica obliga en el caso del luminol a recrear un ambiente oscuro. Es por ello que se debe preparar la cámara fotográfica para esas condiciones, es decir, se debe “trabajar con un trípode, con un tiempo de exposición de +/-30” y una apertura de 2.8, lente de 24mm y una sensibilidad de 400”.<sup>12</sup> Si bien estos valores de calibración de la cámara son aproximados, constituyen por sí una valiosa referencia: para un perito son igual de importantes la correcta aplicación del ensayo y la técnica utilizada para ilustrarlo en su informe.

Ante todo, se debe plantear el objetivo del ensayo y luego aplicar un método de búsqueda de manchas visibles de sangre utilizando instrumental físico lumínico (luces forenses) que deje entrever cualquier cambio de tonalidad de un determinado sustrato. De encontrarse se puede utilizar un reactivo orientativo y remitir la muestra para su análisis. Con respecto al primer objetivo, si la intención es esclarecer un hecho mediante la secuencia fáctica y no existen

11 Real Academia Española, *Diccionario RAE*, 2017.

12 *Bluestar forensic*, “Latent bloodstain reagent”, <http://www.bluestar-forensic.com/es/bluestar-sensibilidad.php>.

manchas visibles y se quiere conocer si un lugar determinado ocurrió la escena del delito, como en el caso de las ilustraciones 1 y 2, entonces se aplicará el reactivo luminiscente siguiendo las consideraciones anteriormente mencionadas.

Vale recordar que la Policía Científica española menciona en uno de sus instructivos con respecto al luminol. El luminol “es sólo una herramienta de *screening*. La finalidad de su uso es indicarnos dónde recoger las muestras para realizar sobre ésta, estudios más específicos”. Por lo tanto, aplicarlo en el lugar del hecho debe ser el último intento para buscar sangre.

### Ilustración 1

Superficies en las que se aplicó el reactivo luminol



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 2

Ambiente después de la aplicación del luminol



Elaboración: por el autor.

## Falsos positivos y negativos

Resulta sencillo entender este concepto debido a su aplicabilidad en la medicina. Un claro ejemplo son las pruebas caseras de embarazo que desarrollan un color conforme al resultado, que solamente es orientativo. El diagnóstico de certeza lo realizará un médico mediante otros estudios. Lo mismo sucede en el diagnóstico de la sangre. Al equipo criminalístico de campo le corresponde levantar adecuadamente una muestra utilizando las diferentes técnicas, de acuerdo a su estado y al soporte o matriz sobre o en el cual se hallan y aplicar los reactivos orientativos si el caso amerita. Los resultados positivos y negativos de los ensayos de campo o de laboratorio deberán ser evaluados e interpretados con mucha objetividad buscando siempre dar luces a la investigación.

## Efectividad de los reactivos

Estudios indican que, “tanto las pruebas presuntivas como las confirmatorias no se ven afectadas en su mayoría, al variar los soportes, la temperatura o las condiciones ambientales bajo las cuales fueron almacenadas”<sup>13</sup>.

Sin embargo, la buena práctica forense debe tener el material disponible, esto quiere decir, que todos los reactivos deben estar en condiciones de ser aplicados en el momento preciso. Para el efecto se deben realizar con frecuencia chequeos de la actividad y funcionamiento de todas las sustancias físicas y químicas con las que se trabaja: no olvidar que las circunstancias climáticas muchas veces pueden mermar su efectividad de manera paulatina, tal es el caso del agua oxigenada.

A menudo conviene realizar dos controles: uno positivo con muestras conocidas, comprobando que el desarrollo de color de la reacción esté de acuerdo con lo expresado en los prospectos y bibliografía especializada; y uno negativo en una muestra (trozo de tela) que debidamente controlada, no contenga ningún fluido. Al aplicar reactivos como el luminol y *bluestar*<sup>®</sup> se deberá hacer controles negativos rociando una superficie limpia.

13 M. Villegas, ML Acevedo, E. Pinto y J. Miranda, “Validación de técnicas para detección de sangre, sangre humana y grupo sanguíneo ABO, en diferentes soportes y condiciones”, *Cuadernos de Medicina Forense* XI, no. 42 (2006).

Algunos laboratorios de organismos forenses como la Oficina Federal de Investigación de Alemania Bundeskriminalamt (BKA, por sus siglas en idioma alemán) prefieren elaborar sus reactivos para abaratar los costos y tener un control de todo el proceso desde la elaboración hasta la aplicación. Otros, sin embargo, prefieren adquirir los reactivos a empresas comerciales con los *kits* elaborados y listos para usar. El luminol, generalmente, viene en dos presentaciones: producto en polvo, al que hay que añadir y mezclar otros componentes; otra presentación compuesta de dos frascos que se mezclan en un porcentaje de 1/9 y no necesita pesarse ni añadir otros productos. “La diferencia entre ellos es que este último arroja más falsos positivos, con la consiguiente recogida masiva de muestras que no son sangre y el derivado atasco añadido en el Laboratorio”.<sup>14</sup>

Aunque parezca un detalle menor, la toma de notas debe ser una práctica habitual para el perito. La experiencia indica que el uso de un cuaderno de laboratorio ayudará a tener un registro y control pormenorizado de los ensayos y reactivos utilizados. Hay que recordar que se trabaja con reacciones que implican un color y no se debe confiar ciegamente en la memoria humana. Es de gran ayuda para los equipos forenses contar con los protocolos de actuación, los mismos que contengan directrices y estándares para asegurar el correcto manejo de la evidencia y de los procedimientos en una escena, ya sea abierta, cerrada o mixta.

## El valor pericial e interpretación judicial de algunos ensayos orientativos

Según Ana Castelló, “las pruebas de orientación tienen como objetivo el poder afirmar que la mancha que se está estudiando no es de sangre, en ningún caso permiten identificar sin lugar a dudas la naturaleza sanguínea de la misma”.<sup>15</sup> Esto que se vislumbra como una obviedad ha llevado,

en ciertos casos, a confundir el verdadero alcance de algunos ensayos.

En el caso del luminol, en 2006 en Ecuador, se emitió la sentencia de 20 años de prisión reclusión mayor especial por homicidio a tres imputados. La Fiscalía General presentó el ensayo de luminol que fue realizado en el interior de un vehículo que supuestamente vinculaba a los encausados con el occiso. Sin aportar otra prueba de certeza o individual, esta fue aceptada según indica la sentencia: “[...] la presencia de sangre, con la prueba de Luminol, en el asiento posterior [...] como lo ha establecido el perito, en forma vale decir científica”.<sup>16</sup>

Si bien el luminol es un ensayo altamente sensible y muy confiable no determina, por sí solo, la presencia categórica de sangre. En este caso particular no se critica la aplicación del reactivo como instrumento válido en una investigación, sino, la valoración judicial y errónea interpretación pericial. Lo que debió haberse realizado, luego de aplicar el luminol, era otras determinaciones hasta agotar todos los diagnósticos necesarios en la investigación. Se ha demostrado incluso que el luminol “a un PH alcalino (11.5), no interfiere en un posterior análisis de ADN”.<sup>17</sup>

## Metodología para la aplicación de un reactivo orientativo de determinación de sangre en el lugar de los hechos

Las pruebas orientativas con resultado luminiscente (luminol/bluestar) se deben aplicar en superficies con manchas de sangre latentes, sin embargo, en ocasiones hay manchas de color rojo que parece que fueran sangre por su textura, forma y color característico. Para acotar su levantamiento y tratamiento técnico en la escena se pueden aplicar los reactivos colorimétricos ya mencionados. En el presente caso se utilizó la fenolftaleína

14 Juan Carlos Blanco y Máximo Carretero, “Correcto uso del luminol” *Actuaciones especiales, Comisaría Central de Policía Científica del Cuerpo Nacional de Policía* (Madrid, 2006).

15 Ana Castelló Ponce, *Revisión crítica del diagnóstico...*

16 Tribunal Cuarto de lo Penal de Pichincha, *Sentencia condenatoria, causa caratulada “Caso Guañuna”* (Quito, 2008).

17 Philippe Esperanca Blum & Estéphanie Rocquefelte, “A new high performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence”, *Canadian Society of Forensic Science Journal XXXIX, no. 3* (2006); Ana Castelló Ponce, *Revisión crítica del diagnóstico...*

cuyo resultado positivo se muestra con un color rosa fuerte.

Luego de aplicar la metodología de la investigación en el lugar de los hechos se verificará los patrones de las manchas de sangre y su forma de producción. Luego de esto se procederá a levantar una muestra utilizando una gasa o hisopo estériles. Si la mancha se encuentra seca se utilizará una matriz de levantamiento ligeramente humedecida con solución fisiológica.

### Ilustración 3

#### Momento del levantamiento de la muestra



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 4

#### Momento de la aplicación del reactivo



Elaboración: por el autor.

Posteriormente se aplicará el reactivo (fenolftaleína) y se esperará la respuesta colorimétrica, fijando fotográficamente el resultado.

### Ilustración 5

#### Momento de la aplicación del reactivo



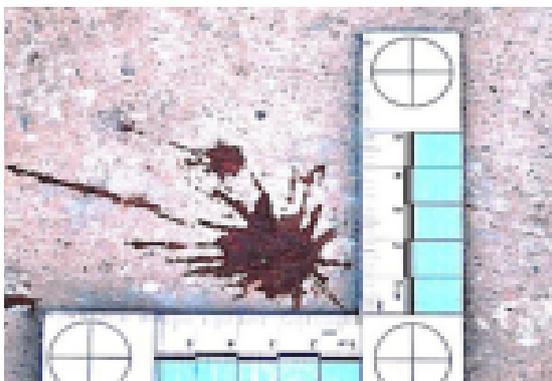
Elaboración: por el autor.

### Aproximación al cálculo del ángulo de impacto de una mancha de sangre producida por goteo en una superficie horizontal

Una de las propiedades físicas de los fluidos es la fuerza de cohesión llamada tensión superficial. Es la causante de mantener la gota con su forma esferoidal característica. Esa tensión se rompe cuando la gota de sangre impacta sobre una superficie (plano vertical u horizontal) con relativa dureza. Cuando esto ocurre se producen varios fenómenos. Si la gota cae sin movimiento (estática) se produce una satelización característica alrededor de la gota, mientras que, si existe movimiento se forma una estela de proyección en la dirección de dicho movimiento. En ambos casos intervienen variables como la velocidad, la rugosidad de plano, la distancia de caída y, principalmente, el ángulo de impacto sobre el cual se detendrá para un análisis más detallado.

### Ilustración 6

#### Gota de sangre producida por goteo



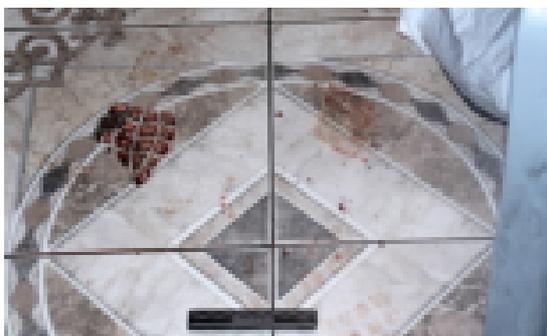
Elaboración: por el autor.

La geometría esférica y la dinámica de los cuerpos resultan complejas en el momento de realizar cálculos aproximados y aplicados a la investigación. Por tal razón, se utilizará la geometría plana y trigonometría con el fin de solventar una duda que suele surgir en una escena: ¿cuál es el ángulo de impacto de una gota de sangre? El presente cálculo se realizará con base a varios casos reales ocurridos en Ecuador.

Luego de aplicar la metodología de la investigación en el lugar de los hechos (observación, búsqueda, protección, fijación, recolección de indicios y remisión de éstos con cadena de custodia) se verificará los patrones de las manchas de sangre y su forma de producción, buscando para el caso en estudio, manchas producidas por goteo dinámico.

### Ilustración 7

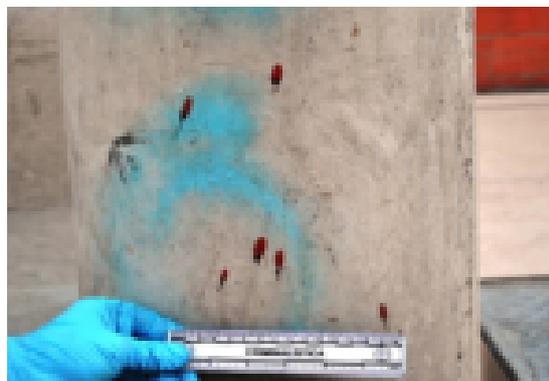
#### Manchas producidas por goteo dinámico en una superficie horizontal



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 8

#### Manchas producidas por goteo dinámico en superficie vertical

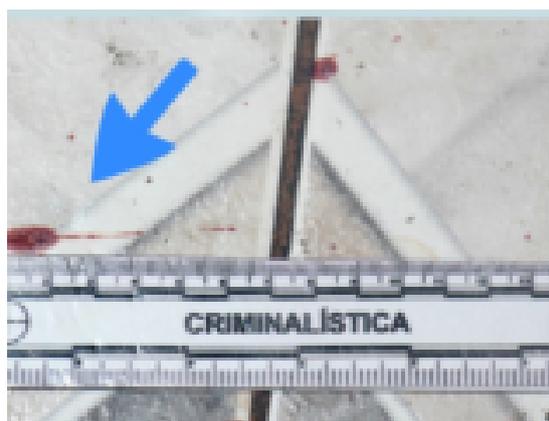


Elaboración: por el autor.

Una vez localizadas las manchas de sangre se realiza la fijación con fotografías de conjunto y detalle, utilizando para el efecto, una referencia métrica bidimensional con el fin de obtener los datos de la/s mancha/s a analizar.

### Ilustración 9

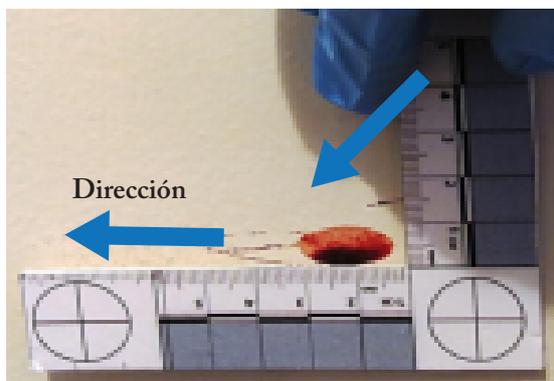
#### Referencia de una mancha producida por goteo y determinación de su dirección



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 10

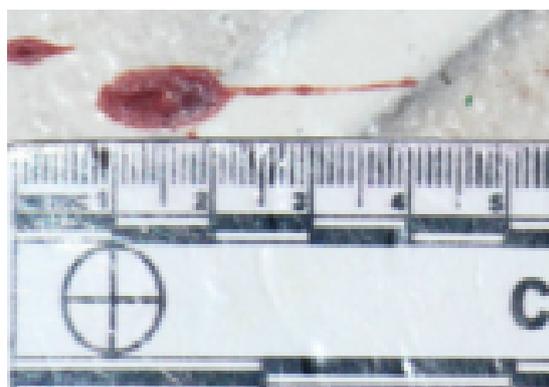
Referencia de una mancha producida por goteo en una superficie horizontal y determinación de su dirección



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 12

Referencia de una mancha producida por goteo en una superficie horizontal, escogida para el cálculo



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 11

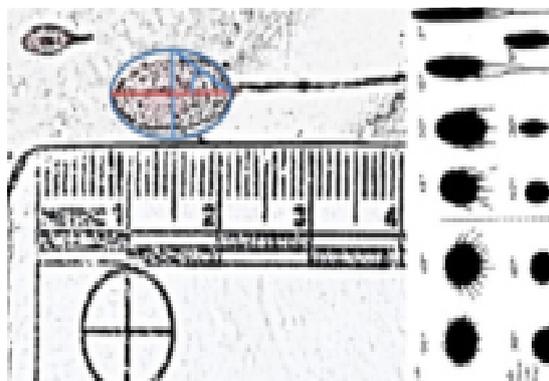
Referencia de una mancha producida por goteo en una superficie horizontal y determinación de su dirección



Elaboración: por el autor

### Ilustración 13

Se establece el eje mayor y eje menor de la gota, asimilando la misma a una elipse

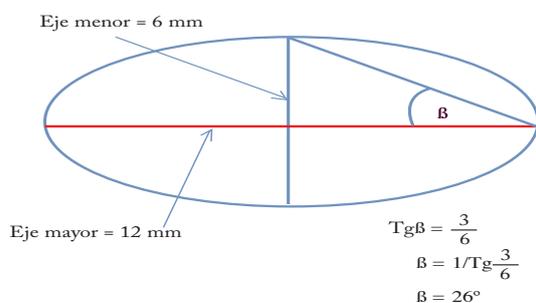


Elaboración: por el autor.

Una vez escogida la mancha, se procede a realizar una fijación utilizando la opción macro de la cámara fotográfica. Posteriormente, se realizan los cálculos respectivos.

### Ilustración 14

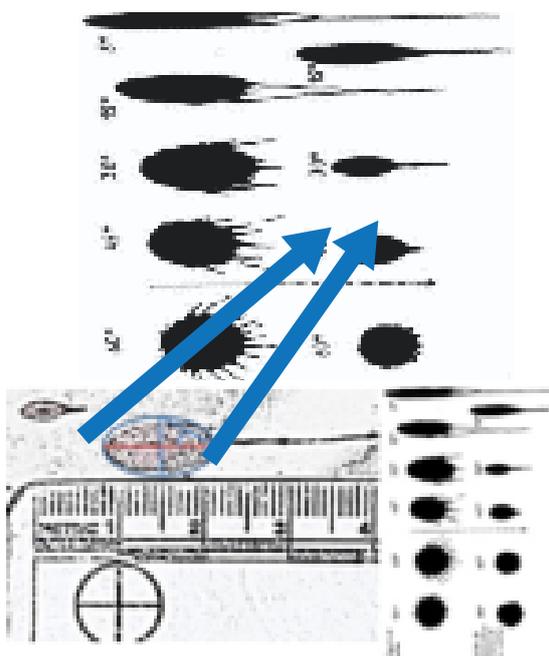
#### Cálculos realizados con base a funciones trigonométricas y geometría plana



Elaboración: por el autor.

### Ilustración 15

#### Comparación de los resultados con un manual de referencia, el cual arroja un resultado bastante aproximado (30°)



Elaboración: por el autor.

## Discusión

La criminalística es una ciencia fáctica que se basa en el estudio objetivo de los elementos materiales.

Los peritos son portadores de una gran responsabilidad y exigencia deontológica. Cada una de sus pericias y opiniones debe estar respaldada por la objetividad y conocimiento científico con altos estándares de verosimilitud, es decir, deben crear y poner en práctica la rigurosidad científica que le brinda su método. Aunque su labor estará en tela de juicio es su deber transparentar y defender sus procedimientos mediante el conocimiento de su ciencia, arte o técnica. Los jueces, fiscales, peritos, testigos y demás, son personas susceptibles al error de interpretación. Para minimizarlo al máximo existe un proceso judicial cuyas pruebas materiales deben estudiarse con profundo detenimiento. Por eso y para eso las técnicas criminalísticas se van especializando: los equipos humanos deberán ser interdisciplinarios, es decir, los diversos profesionales junto con el aporte de su conocimiento en particular, deben poner el esfuerzo para lograr un mismo objetivo que es la búsqueda de la verdad científica. Los resultados obtenidos en la presente investigación son altamente confiables y se acercan a lo establecido en los manuales que exponen el estudio de los patrones hemáticos.

## Conclusiones

El soporte donde se encuentra la posible mancha de tejido hemático plantea un inconveniente relacionado con la búsqueda y categorización ya que se puede diseminar por la falta de contraste, siendo necesaria la aplicación de métodos de diferenciación de interferencias. Los ensayos descritos son altamente sensibles, pero a su vez, son inespecíficos ya que poseen una variada gama de interferencias con resultados falsos positivos y negativos. Estas cuestiones pueden salvarse con estudios específicos de laboratorio y bajo un afinado criterio pericial y legal que eviten errores de interpretación de los resultados obtenidos

Los reactivos base y complementarios de los ensayos deben estar sujetos a controles periódicos de efectividad para asegurar una reacción eficiente. Los ensayos de luminol y bluestar® (resultado quimioluminiscente) no interfieren en la posterior tipificación de ADN. El paso del tiempo y todo lo que ello implica, en especial, la temperatura, actúan

en detrimento de la mancha de sangre, pero se exceptúan los restos de sangre que han atravesado acciones de limpieza que pueden ser revelados con la aplicación de luminol y bluestar®. Los reactivos correctamente conservados y utilizados no se verían afectados por tales condiciones.

Por último, es posible el cálculo referencial y aproximado del ángulo de impacto de una serie de gotas de sangre independientemente de la orientación (vertical/horizontal) del plano matriz. Esto puede orientar a la investigación, determinando la interacción entre víctima, victimario y lugar del hecho mediante el intercambio dinámico entre las regiones anatómicas, instrumentos materiales portadores del material sanguíneo y las diferentes superficies circundantes, información que puede resultar útil al momento de determinar la secuencia fáctica o reconstrucción del hecho, aportando en el enfoque holístico de una investigación científica de un delito.

## Referencias bibliográficas

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. *Bendicine*. División de Toxicología, 2001. <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq25.pdf>, <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq25.pdf> (consultado el 8/10/2017).
- Blanco, Juan Carlos, Máximo. “Correcto uso del luminol”. *Actuaciones especiales*. Madrid: Comisaría Central de Policía Científica del Cuerpo Nacional de Policía, 2006.
- Bluestar forensic, latent bloodstain reagent*. n.d. <http://www.bluestar-forensic.com/es/bluestar-sensibilidad.php> (consultado 29/11/2015).
- Blum, I., Philippe Esperanca and Estéphanie Rocquefelte. “A new high performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence”. *Canadian Society of Forensic Science Journal XXXIX*, no. 3 (2006): 81-100.
- Castelló Ponce, A., M. Álvarez Seguí, M. Miquel Feucht and F. A. Verdú Pascual. “Revelado de manchas latentes: efectividad del luminol y evaluación de su efecto sobre el estudios de DNA”. *SCIELO, Cuadernos de medicina legal*, no.28 (2002).
- Castelló Ponce, Ana. *Revisión crítica del diagnóstico de orientación en el estudio de las manchas de sangre: falsos negativos en la prueba de Adler. Una aplicación de la Química Legal*. Valencia: Universitat de Valencia, 2011.
- Giannuzzi, Lidia, Luis Alberto Ferrari , and Rodolfo Nieto. “Manchas hemáticas” En *Manual de técnicas analíticas en el laboratorio de toxicología*. Buenos Aires: Praia, 2006, 183-194.
- Graells de Kempny, Rosa G., María L. Oneto and María Montalto de Meca. “Manchas de Sangre” En *Tratado de criminalística, tomo II, La química analítica en la investigación científica del delito*. Buenos Aires: Policial, 1987, 187-324.
- Palacios, A. *Apuntes de Química Aplicada I*. Buenos Aires: Instituto Universitario de la Policía Federal, 2013.
- Palacios, Carlos A. *Apuntes de Química Aplicada II*. Buenos Aires: Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina, 2013.
- Real Academia Española. *Diccionario RAE*. 2017.
- Ronelli, Juan Osvaldo, Héctor Luis Del Mónaco y Jorge Osvaldo Ossola. “Determinación de trazas de sangre en delitos de lesa humanidad en la Provincia de Tucumán”. *Minerva*, (2016): 41-55.
- Tribunal Cuarto de lo Penal de Pichincha. *Sentencia condenatoria, causa caratulada “Caso Guañuna”*. Quito, 2008.
- Villegas, M., ML Acevedo, E. A. Pinto y J. Miranda. “Validación de técnicas para detección de sangre, sangre humana y grupo sanguíneo ABO, en diferentes soportes y condiciones”. *Cuadernos de Medicina Forense XI*, no. 42 (2006): 267-274.