

LA MOLÉCULA DESTACADA

El Luminol

La investigación forense tiene un pequeño aliado desde hace casi un siglo: el luminol. Esta simple molécula ha ayudado a resolver muchos crímenes por su peculiaridad de emitir luz en contacto con pequeños restos de sangre.

Juan Carlos Cedrón *

Seguramente todos hemos visto, en alguna ocasión, capítulos de alguna serie televisiva en la que se observa detectives en la escena de un crimen: *CSI-Miami* o *Dexter* son ejemplos bien conocidos. Ellos se guían por la escena del crimen para reconstruir el posible hecho que causó la muerte a la víctima. En algún episodio han mostrado la detección de la sangre mediante la aplicación, por atomización, de una solución de luminol gracias a la cual siempre parece que resuelven el crimen. La aplicación de esta solución sobre una superficie en la que se presume que hay restos de sangre produce una reacción quimio-luminiscente, similar a la mostrada en la figura 1. Esta prueba permite detectar trazas de sangre, lo cual ayuda en el proceso que conduce a descubrir el posible móvil del asesinato. Pero, ¿qué es realmente el luminol?

El luminol ($C_8H_7N_3O_2$) es un derivado del ácido ftálico, sólido a temperatura ambiente, de color amarillo pálido, soluble en la mayoría de solventes orgánicos y ligeramente soluble en agua. Es una molécula sencilla, sin centros asimétricos, que se prepara comercialmente a partir del ácido 3-nitroftálico mediante la condensación de este ácido con hidracina (N_2H_4). La reducción del grupo nitro a la amina primaria correspondiente permite la síntesis del luminol (figura 2). Sin embargo, la aplicación directa del luminol a un área con sangre no produce la luminiscencia. De hecho, inicialmente el luminol no tenía uso en medicina forense (véase el cuadro "Historia y curiosidades relacionadas con el luminol"). Para que ocurra la luminiscencia es necesario "activar" al luminol. Esto ocurre preparando una solución acuosa de luminol con un agente oxidante, como el agua oxigenada (H_2O_2), y un hidróxido que proporcione un medio básico. En presencia de estas sustancias la oxidación del luminol ocurre lentamente, mediante la secuencia de reacciones que se muestra en la figura 3.

En un primer paso, la base atrapa los hidrógenos unidos a los átomos de nitrógeno. Luego, la reacción del dianión

* Juan Carlos Cedrón es profesor de química del Departamento de Ciencias de la PUCP. Es doctor en Química Orgánica y ha publicado diversos artículos científicos en el área de química orgánica y alcaloides. (e-mail: jccedron@pucp.edu.pe).

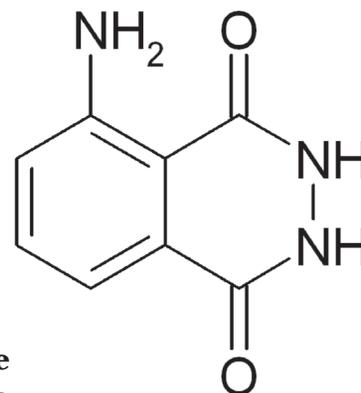


Figura 1: Rastro luminiscente dejado por la sangre de una víctima en una cocina (Fuente: Imagen pública del Bureau of Criminal Apprehension, Minnesota Department of Public Safety, EEUU. ☹)

resultante con oxígeno molecular (paso 2) permite el intercambio de las amidas por los correspondientes ésteres, mediante una adición cíclica. Este paso está muy favorecido dado que se forma nitrógeno molecular, un muy buen grupo saliente debido a su mínima reactividad. El peróxido formado, muy inestable, se rompe (paso 3), dando lugar al anión 3-aminoftalato. Sin embargo, tal ruptura del peróxido produce esta molécula en estado excitado. Esto origina que, cuando la molécula alcanza su estado basal, libera energía en forma de luz, de una coloración azul.

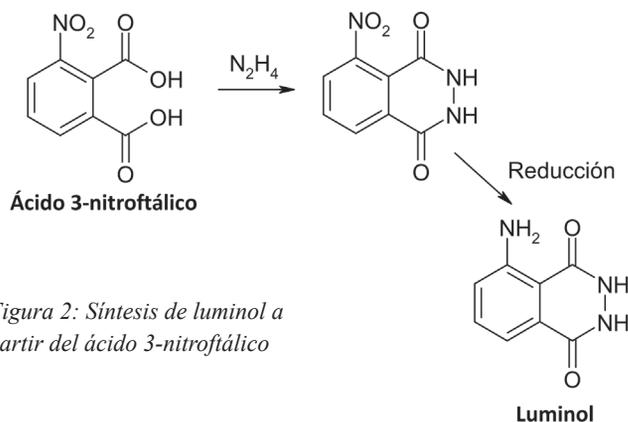


Figura 2: Síntesis de luminol a partir del ácido 3-nitroftálico

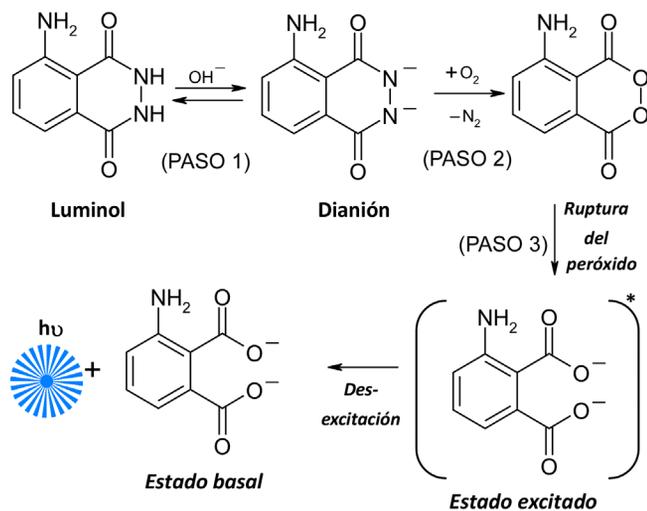


Figura 3: Mecanismo propuesto para la quimioluminiscencia del luminol

La reacción mostrada es lenta, pero se acelera en presencia de hierro (Fe). En el caso de la sangre, el hierro presente en la hemoglobina origina que el proceso sea más rápido, y la luz se produce de manera casi inmediata al contacto.

El uso del luminol tiene varias ventajas y, por ello, se usa desde hace ya algunas décadas. Los reactivos son fáciles de adquirir y la preparación de la solución de luminol es rápida, además de que permite analizar pequeñas trazas de sangre, inclusive si estas no son fáciles de visualizar.

Sin embargo, también existen algunas desventajas al usar luminol. La principal es que es una técnica destructiva y puede dañar la muestra que se analiza. Por ello, debe usarse sólo después de haber tomado muestras para otros análisis (como para ADN). Asimismo, puede dar falsos positivos en presencia de otras sustancias químicas. Una de ellas es la lejía (hipoclorito de sodio, NaOCl): la oxidación del luminol y, consecuentemente su luminiscencia, ocurre más rápidamente con lejía que con agua oxigenada. Por eso, si el lugar del crimen ha sido limpiado con lejía, puede ser que aparezcan más manchas coloreadas de las que se deberían esperar. En estos casos es necesario usar otro ensayo que confirme la presencia de sangre o esperar un tiempo prudencial antes de aplicar el luminol, ya que la lejía suele degradarse al cabo de unos días y deja de reaccionar con el luminol.

Seguro si eres un fiel televidente de este género de series, el texto del último párrafo entra en contradicción con lo visto en la televisión. Es cierto: las series de TV muchas veces nos dicen la verdad a medias. Es normal ver episodios de tales series en las que se aplica luminol sobre superficies que han sido limpiadas cuidadosamente con lejía por el criminal, y el luminol funciona. Cierto, funciona, pero en tales casos se debe hacer un test secundario, ya que, como hemos visto, la lejía afecta el análisis. Asimismo, en otros episodios muestran análisis de sangre posteriores al experimento del luminol. Hemos visto que esto no debe hacerse así, ya que el luminol puede afectar la muestra. Definitivamente, en las series de Hollywood, ¡todo se puede!

Finalmente, cabe destacar cómo ciertas moléculas de pequeño tamaño y masa molecular (el luminol pesa 177 uma) pueden ser útiles en ciertos aspectos de la vida diaria. A veces

Historia y curiosidades relacionadas con el luminol

El luminol fue sintetizado por primera vez en 1853 como 5-amino-2,3-dihidro-1,4-ftalazina. Posteriormente, en 1928 el científico alemán H. Albrecht publica la quimioluminiscencia del luminol, en la revista alemana *Zeitschrift für Physikalische Chemie* (1). Es a partir de este instante que comienzan los estudios del luminol en áreas como la biología o la medicina. En 1934, E. Huntress propone el nombre de luminol, que significa "productor de luz", en un artículo publicado en el *Journal of the American Chemical Society*. Pero fue unos años más tarde, en 1937, cuando Walter Specht, científico del Instituto Universitario de Medicina Legal de Jena (Alemania), propuso el uso del luminol para detectar sangre en escenas de crimen. Anteriormente sólo se le había empleado para encontrar cobre en la minería.

El programa de televisión "Forensic Files" (conocido como "Crímenes imperfectos" o "Archivos Forenses", dependiendo del país), se transmite desde hace más de quince años y describe diversos asesinatos reales en los que se trata de averiguar al responsable. En muchos de sus episodios se describen casos resueltos mediante el uso del luminol, el cual permitió a los investigadores esclarecer la escena del crimen. Sus episodios y la explicación de cómo se resuelven los casos se pueden ver en línea en su página web.

Definitivamente, la serie mencionada constituye un buen ejemplo del uso adecuado del luminol, ya que está basada en hechos reales y no en tramas ficticias. Después de leer este artículo, el lector podrá entender mejor cada episodio y cómo trabaja el luminol.

Fuentes de interés:

Albrecht, H. *Z. Phys. Chem.* **1928**, 136, 321.

Huntress, E. *J. Am. Chem.Soc.* **1934**, 56, 241.

nos imaginamos que sólo las moléculas muy complejas, de gran tamaño y con una variedad de átomos pueden ser las que resuelvan los problemas complicados, pero no siempre es así. El luminol es un claro ejemplo: una molécula sin centros asimétricos, y que se puede preparar en pocos pasos, es la gran aliada de la investigación policial desde hace ya varios años. Y por lo pronto, lo seguirá siendo algún tiempo más.

Bibliografía esencial

Sheehan, F.; Kobilinsky, L. Human blood identification: a forensic science approach. *J. Chem. Educ.* **1984** 61 (6), 542-546.

Fleming, D. *The chemiluminescence of luminol*. University of Bristol. 2002. (, acceso: 27.2.2012).

Harris, T. "How luminol Works". (, acceso: 27.2.2012)

Castelló, A.; Francés, F.; Verdú, F. Bleach interference in forensic luminol tests on porous surfaces: more about the drying time effect. *Talanta* **2009** 77, 1555-7, .

Nieweg, H. *The forensic use of chemiluminescence and luminol*. Tesis de graduación, Hermann Wesseling College, 2009.