ISSN XXXX-XXXX

REVISTA ECUATORIANA DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS

VOLUMEN XXXX - Nº 1 - JUNIO 2015

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen XXXX Número 1 - junio 2015
ISSN XXXX-XXXX

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador

Corrección de estilo: Alfonso Sánchez

Impresión, Diseño y diagramación:

QualityPrint Cía. Ltda., Quito, Ecuador

Ilustración portada: : "*Lucilia sp* y **Cleridae**": Rita Hidalgo.
Fotografía contraportada: "Moscas descomponedoras en cádaver de cerdo ": Emilia Moreno

EL VALOR DE LA QUÍMICA FORENSE EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

Eliza N Jara

Escuela de Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador

enjara@gmail.com

RESUMEN

Se revisan los principales usos de la química forense en la investigación criminal y se exploran los posibles campos de acción en el Ecuador. Para este efecto, se delimita el alcance de la disciplina y se provee una breve descripción de las principales aplicaciones que esta tiene a nivel mundial. Luego, se exponen dos casos que han alcanzado notoriedad –y causado polémica- en los cuales se involucran directa o indirectamente las técnicas forenses. Finalmente, se exponen los escenarios de interés nacional en los cuales la química forense podría ser de utilidad y las formas en las cuales el país puede contribuir al desarrollo de esta ciencia.

PALABRAS CLAVES: Química Forense, ciencias forenses, drogas, toxicología, análisis, Ecuador

ABSTRACT

This manuscript reviews the main uses of forensic chemistry in criminal investigation, and explores the likely fields of application in Ecuador. For this purpose, the scope of the discipline is delimited and a brief description of its main applications worldwide is provided. Afterwards, two cases that involve forensic techniques are described, both of which have reached public opinion and are considered polemic. As a final point, potential uses of forensic chemistry in the local scenario are explained, as well as ways in which our country can contribute to the development of this field.

KEYWORDS: Analysis, drugs, Ecuador, forensic chemistry, forensic science, toxicology.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace unos pocos años en el Ecuador no se hablaba de las ciencias forenses más que para hacer referencia a una popular serie de televisión. Hoy en día, gracias a la inversión estatal se han abierto centros de investigación forense en Quito, Ambato, Manta (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2013; Ministerio del Interior, 2014) y vienen más en camino, dando cuenta de la importancia de las ciencias forenses dentro del sistema judicial. Sin embargo, la mayoría de personas todavía asocian la palabra "forense" con autopsias e investigación en la escena del crimen, desconociendo el verdadero alcance de la palabra y la disciplina científica como tal.

Entonces, ¿qué son las ciencias forenses? *Forensis* es un vocablo latín que significa "relativo al foro" (Real Academia Española, 2001). El foro es el lugar donde en la antigüedad tenían lugar los equivalentes a procesos judiciales o juicios (Real Academia Española, 2001). Así, podría decirse que forense es todo aquello relativo a la justicia. Las ciencias forenses son un compendio de disciplinas científicas que se aplican a casos enmarcados en un contexto legal; en este sentido, se puede intuir que su alcance es bastante amplio, desde la determinación de la causa de muerte de un individuo hasta delitos a nivel informático y contable. Potencialmente casi cualquier ciencia puede ser forense en tanto se emplee para la administración de justicia; por ejemplo, para identificar restos óseos se recurre a la antropología forense, en cambio para detectar fraudes fiscales se tiene la contabilidad forense. Además, está la química forense cuya tarea principal es la de identificar sustancias de interés para un caso judicial, ya sea debido a su consumo ilícito o al uso de armas de fuego, entre otros.

Campos de acción y función de la química forense

La química forense se encarga de aplicar principios químicos para resolver casos de interés judicial. Actualmente se centra principalmente en el análisis químico como una herramienta fundamental para el procesamiento de indicios a fin de obtener información que los relacione con el caso en cuestión en función de una de las máximas en las ciencias forenses conocida como el principio de Locard: "Todo contacto deja un rastro". Justamente este es el principal argumento que se visualiza en las series de televisión, donde los investigadores de la escena

de un crimen recolectan cabello, fluidos, ropa, etc., para luego compararlos con los pertenecientes a los sospechosos y así colaborar en la administración de justicia. Sin embargo, las sustancias que pueden ser analizadas en el ámbito de la química forense no se limitan a fluidos biológicos, sino que abarcan diversidad de materiales como vidrio, pintura, tintas, líquidos inflamables, explosivos, suelos, entre otras; ciertamente, el material analizado y el modo de analizarlo dependerán del caso que esté siendo procesado.

Son varias las áreas donde la química forense juega un papel importante. La Toxicología es la que abarca las aplicaciones más conocidas en el imaginario popular. Los casos más abundantes se relacionan con el consumo de alcohol y estupefacientes por parte de conductores. La legislación de varios países establece un límite para el contenido de alcohol en la sangre de un conductor a fin de disminuir la probabilidad de accidentes de tránsito por lo cual, cuando existe un accidente de esta naturaleza, es necesario verificar las condiciones en las cuales se encontraban el/los conductores para determinar la existencia de una infracción y ejecutar las sanciones que correspondan; además, el consumo de alcohol es un agravante cuando hay fallecidos de por medio. Otros casos de interés toxicológico son los relacionados con envenenamientos e intoxicaciones; son varias las sustancias que son consideradas en un análisis toxicológico: drogas de abuso, analgésicos, betabloqueadores (medicinas para el corazón), antidepresivos, entre otras, cuya presencia y nivel de concentración puede dar indicios de uso ilícito de sustancias controladas, sobredosis o intoxicación. Adicionalmente, dentro de esta área existe un tipo de análisis toxicológico aplicado a los deportistas en competición, denominado control antidopaje; la Agencia Mundial Antidopaje (WADA por sus siglas en inglés) ha establecido una lista de sustancias prohibidas (WADA, 2013) y los protocolos para su monitoreo en eventos deportivos (WADA, 2010).

Además, la química forense también interviene en el análisis de matrices no biológicas. Como parte de las investigaciones que involucran armas de fuego se suelen analizar los residuos en la piel o ropa después de efectuar un disparo a fin de relacionarlos con el dispositivo de donde se originó. Este tipo de análisis resulta de especial ayuda en casos de homicidios. El residuo de un disparo está compuesto principalmente por ciertos metales (plomo, arsénico y antimonio) de uso común en balas; sin embargo, también existen municiones a base de sustancias orgánicas (Heramb y McCord, 2002) aunque su uso es menos extensivo. Se puede intuir la dificultad de la tarea en esta área, la muestra recolectada siempre está en una cantidad mínima y son varias las sustancias a identificar en lo posible sin destruirlas ya que hay veces en las cuales es necesario volver a analizarlas. Gracias a los instrumentos disponibles en la actualidad se puede llevar a cabo un análisis que cumple con estos requerimientos; sin embargo, los resultados están sujetos a la habilidad y experiencia del químico forense ya que la sola presencia de estas sustancias no indica necesariamente que se haya disparado un arma de fuego, sino que se requiere información suplementaria y un análisis crítico de los resultados para llegar a una observación concluyente.

En ciertas ocasiones se provocan incendios en viviendas o almacenes mediante el empleo de sustancias inflamables que permiten acelerar el proceso de combustión. Mediante un análisis químico-forense de los indicios adecuados, se podría determinar la naturaleza accidental o provocada del incendio. Cuando se ha provocado un evento de esta naturaleza, una porción de las sustancias inflamables usadas, generalmente gasolina y derivados de petróleo, se absorbe en ciertos materiales presentes en la escena y permanece sin combustionar, permitiendo así su detección. Los derivados del petróleo poseen diferencias apreciables al momento del análisis e incluso, bajo ciertas condiciones, es posible distinguir entre gasolinas de distintas calidades y procedencias. El encontrar un acelerante o sustancia inflamable en el lugar del siniestro ayuda a establecer el lugar de origen del suceso y por ende, a la reconstrucción de los hechos.

En las últimas décadas, el incremento del uso de explosivos en actos de terrorismo, ha dado lugar a una nueva área de investigación en química forense. Si bien se realizan análisis con indicios recolectados después de una explosión para identificar las sustancias empleadas, actualmente hay una tendencia al desarrollo de sensores (Madhuri, 2013) para habilitar la detección rápida de pequeñas cantidades de explosivos que pudieran ser transportadas por personas en aeropuertos o estaciones de tren. Adicionalmente, se trabaja en mejorar la instrumentación y los métodos de teledetección (determinar desde una cierta distancia la presencia de explosivos) para las labores de remoción de minas antipersonales y amenazas que involucren bombas con activación remota (Bielecki et al., 2012). Los fundamentos para el desarrollo de esta tecnología son de naturaleza química y física, por lo cual los profesionales en estos campos son los llamados a participar en estas investigaciones.

Finalmente, otra área de importante desarrollo dentro de la química forense es al análisis de drogas legales. En los países desarrollados existe el comercio de sustancias estructuralmente similares a anfetaminas y canabinoides que no están legisladas y por tanto pueden comercializarse libremente; debido a su similitud estructural (presencia o ausencia de grupos alquilo) se cree que pueden tener los mismos efectos sicotrópicos que la sustancia "original"; sin embargo, no siempre sucede así e incluso se han llegado a reportar intoxicaciones y muertes (Office for National Statistics, 2013). Los químicos forenses se encargan de desarrollar métodos para identificar estas sustancias, tanto en su forma comercial como su presencia en fluidos corporales; para esta última tarea se deben tomar en consideración los procesos metabólicos que suceden cuando la sustancia entra en el organismo. También se investiga sobre los mecanismos de acción de algunas de estas sustancias a fin de tener evidencia científica de sus potenciales peligros con lo cual eventualmente se puede cambiar la legislación para que se incluyan a estas sustancias. A pesar de estos esfuerzos, en Europa solamente durante el año 2012 se reportó la comercialización de 73 drogas nuevas (Mazumdar, 2014) por lo cual se requiere trabajo intensivo en esta área.

El trabajo de un químico forense no termina con el análisis de los indicios físicos relacionados con el caso. En algunos países el químico forense debe realizar la presentación de sus observaciones y conclusiones en la corte, para lo cual se fundamenta en los informes detallados que elabora durante el procesamiento de los indicios. En función de la audiencia los resultados encontrados durante un peritaje deben ser expuestos de manera que no dejen lugar a interpretaciones inadecuadas de modo que, en numerosas ocasiones, se hace necesario el manejo de análisis estadísticos y lenguaje visual que faciliten la comprensión de los datos analíticos. Así, la formación técnico-científica del químico forense se complementa con entrenamiento en herramientas estadísticas e informáticas. Es necesario que el químico sepa comunicarse con claridad y precisión mediante un lenguaje accesible ya que la mayoría de las personas en el entorno judicial tienen una comprensión básica de los principios científicos empleados en el laboratorio y de las limitaciones de los resultados de un análisis.

Casos famosos y sus controversias

Hay algunos temas forenses que han alcanzado notoriedad en la opinión pública. Uno de los más interesantes y polémicos es el del Manto Sagrado de Turín, un lienzo donde se cree que está impregnada la imagen de Jesús de Nazareth. A diferencia de otros casos, el del Manto de Turín es de interés forense debido a las técnicas de análisis que se emplean y no a las implicaciones legales del mismo. Varias pruebas han sido efectuadas sobre el textil y el pigmento para determinar su antigüedad e identificar si las manchas corresponden a sangre, respectivamente; diversas aproximaciones y técnicas han sido empleadas pero los resultados no son concluyentes. Además, la datación indica que es una pieza medieval con pigmentos empleados por artistas de la época (McCrone, 1989) mientras que otros argumentan un error de muestreo e invalidan el análisis realizado para datar el manto e insisten, con diferentes análisis químicos, en que las manchas corresponden efectivamente a sangre (Adler, 1996). Conforme avance la tecnología se hace factible la aplicación de pruebas no destructivas sobre este objeto pero por el momento la controversia está lejos de resolverse.

Otro caso interesante es el de Viktor Yushchenko, político ucraniano que fue envenenado con tetracloro-dibenzo-dioxina (TCDD), un compuesto de la familia de las dioxinas que es altamente tóxico y potencialmente mortal. Yushchenko desarrolló una condición denominada cloracné debido a los altos niveles de TCDD y de hecho, fue justamente esto lo que dio indicios del envenenamiento que había sufrido. En 2004, Yushchenko era un candidato presidencial con altas probabilidades de ganar, cuando sorpresivamente cayó enfermo sin que los médicos consultados supieran acertar en su diagnóstico; a pesar de las pústulas en su rostro y el intenso dolor que sufría, Yushchenko continuó la campaña y empezó a acusar a la antigua KGB (servicio secreto soviético) de haberlo envenenado (Leung, 2005). Dadas sus apariciones públicas con su rostro desfigurado, la noticia circuló por medios internacionales y un toxicólogo holandés al verlo en televisión sospechó que Yushchenko padecía cloracné por lo cual solicitó una muestra de sangre (Emsley, 2008). El análisis tomó unas semanas y reveló que la sustancia presente era TCDD y su concentración estaba 6000 veces por encima de los niveles normales (Leung, 2005). Opositores a Yushchenko afirman que la muestra de sangre fue contaminada deliberadamente por lo cual la investigación no ha concluido.

De este último caso podemos deducir cual es el componente más importante en la química forense y en las ciencias forenses en general: la cadena de custodia. Este es un documento en el cual consta la información de la muestra desde el momento en que es recolectada, su traslado a los almacenes, depósitos y laboratorios, así como el nombre de

la persona responsable por ella. La ausencia de estos datos puede comprometer la seriedad de una investigación y causar problemas al momento de analizar los resultados ya que, sobre todo cuando se trata de muestras biológicas, es crucial conocer las condiciones de almacenamiento de la muestra para determinar si las sustancias de interés se han degradado o han sufrido otro tipo de reacciones.

¿Qué aplicaciones puede tener la química forense en el Ecuador?

Con lo expuesto anteriormente y al considerar que hay otras áreas de la química forense que no han sido presentadas en estas páginas, es posible visualizar que hay muchas oportunidades para el desarrollo de esta ciencia en el Ecuador. Más aún si se toma en cuenta la apertura de los Centros de Investigación Forense de la Fiscalía y el nuevo Laboratorio de Criminalística de la Policía Nacional, donde se gestarán las iniciativas para la ejecución de análisis en correspondencia con las necesidades nacionales.

Uno de los problemas que enfrenta el Ecuador es el narcotráfico; si bien existe la Dirección Nacional de Antinarcóticos dentro de la Policía Nacional, que con sus respectivas subunidades ha contribuido al control del comercio, distribución y elaboración de estupefacientes, un laboratorio forense estaría en capacidad de brindar asesoría y colaborar con análisis confirmatorios. En general, cuando se encuentra una sustancia sospechosa, se realizan pruebas químicas con reactivos que dan una coloración diferente según la naturaleza del compuesto. Por ejemplo, la cocaína es un polvo blanco similar a varias otras sustancias, entre ellas la aspirina, así que para diferenciar entre ambas se puede emplear una solución de fenolftaleína sobre una pequeña porción de la sustancia sospechosa, si resulta en una coloración rosa/fucsia entonces es probable que el polvo blanco sea cocaína; pero también es posible que sea otra sustancia no estupefaciente. Para confirmar la identidad del polvo se deben emplear técnicas más sofisticadas como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y por tanto se requiere un laboratorio que cuente con el instrumento y analistas que sepan cómo procesar la muestra.

Además de los análisis de las drogas ilícitas per se, en el laboratorio también se pueden realizar determinaciones en fluidos biológicos de consumidores. Cabe recalcar que en nuestro país el consumo de estupefacientes no está penalizado pero sí su tenencia por encima de las cantidades establecidas en la resolución 2013-0001-CD del Consejo Nacional de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas (CONSEP) (CONSEP, 2013). Sin embargo, en los casos de sobredosis o intoxicación, es necesario conocer la/s sustancias presentes en el organismo a fin de establecer la causa de muerte o proporcionar el tratamiento adecuado, respectivamente.

Cuando los fluidos biológicos no están disponibles debido a la descomposición del cadáver, se pueden emplear otras matrices para realizar los análisis toxicológicos, específicamente insectos. Los procesos de putrefacción facilitan el establecimiento de entomofauna cadavérica, la cual se alimenta de la materia orgánica del cuerpo, de modo que las toxinas, metabolitos y xenobióticos del cadáver son ingeridos por los invertebrados pero no siempre llegan a ser metabolizados por lo cual pueden ser detectados con un análisis químico adecuado. Del entorno y las condiciones ambientales dependen las especies que puedan encontrarse y el patrón de sucesión de insectos; es así que deben llevarse a cabo investigaciones de entomología forense para determinar estos parámetros en diferentes escenarios locales y posteriormente se podría estudiar la toxicología aplicada a los insectos con sustancias que sean de interés para nuestro medio. Este tipo de análisis presenta retos ya que se intenta detectar sustancias a muy bajas concentraciones para lo cual es necesaria tecnología diseñada para este efecto. Cabe mencionar que la entomo-toxicología es una rama naciente, con pocas publicaciones anuales por lo cual también da lugar a que se profundice en su investigación.

Otra área de desarrollo potencial dentro de la toxicología es la referente al antidopaje, que cobra importancia con la reciente creación de la Organización Antidopaje Deportivo del Ecuador (ONADE) suscrita por parte del Ministerio del Deporte hace poco más de un año (diario "El Universo", 2013). Los análisis de las sustancias prohibidas por la Asociación Mundial Antidopaje se pueden realizar solamente en laboratorios acreditados por parte de esta organización, el más cercano es el perteneciente a COLDEPORTES en Bogotá, Colombia. Un laboratorio del Ecuador podría seguir el proceso de acreditación para incluirse en este selecto grupo; sin embargo, es necesario que tenga la infraestructura y los recursos humanos apropiados, ya que la cantidad de sustancias que se monitorean es extensa (WADA, 2013) y continuamente se incluyen nuevos compuestos. Además, el análisis de sangre en lugar de orina es cada vez más común (Harrison, 2013) lo cual conlleva mayor complejidad al momento del análisis y propicia el desarrollo de nuevos métodos analíticos.

En el mismo ámbito de la acreditación, es importante que los nuevos Centros de Investigación Forense de la Fiscalía y el Laboratorio de Criminalística de la Policía Nacional, sigan los pasos para acreditarse en los análisis que realizan a fin de asegurar la veracidad de los resultados que se emplean en las investigaciones judiciales. En el país existe el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) que puede verificar la competencia de los laboratorios con base a la normativa ISO 17025 que tiene un carácter general ya que se aplica a cualquier laboratorio de ensayo y calibración; posteriormente se podrían continuar con procesos de acreditación más específicos como los ofrecidos por la Sociedad Americana de Directores de Laboratorios de Criminalística (ASCLD, siglas en inglés).

Otro de los delitos importantes en el Ecuador es el contrabando de combustibles, por el cual el país pierde 37 millones de dólares anualmente (diario "El Telégrafo", 2013). En el caso de la gasolina y el diesel se pueden establecer, mediante análisis químico, perfiles característicos a las mezclas que se expenden en un determinado lugar; esto se realiza en otros países para apoyar la investigación de incendios provocados, pero podría aplicarse en nuestro caso para determinar el origen del producto que se sospecha contrabandeado una vez que está fuera de nuestras fronteras (Figura 1).

Los hidrocarburos también pueden ser protagonistas de otros delitos, aquellos que se cometen en contra de la naturaleza y que están establecidos en el Capítulo Cuarto del Código Orgánico Integral Penal. Los derrames petroleros han causado daños en varias localidades del país, especialmente en la región amazónica pero no siempre se han establecido los responsables. Un caso importante en este sentido es el que se lleva a cabo entre la Corporación Chevron-Texaco y la República del Ecuador; análisis químicos fueron efectuados en las zonas afectadas para demostrar la contaminación causada por un manejo ambiental incorrecto de los desechos de la perforación de pozos petroleros. De esta manera se podrían realizar estudios en otras zonas concesionadas para verificar que el impacto ambiental de la actividad petrolera está siendo controlado y manejado responsablemente o que los planes de remediación ambiental son efectivos.

Los delitos en contra de la naturaleza no se limitan a derrames petroleros y así como el Derecho Ambiental ha surgido como disciplina relativamente novedosa, la química forense se presenta como una herramienta a ser considerada con más frecuencia en este ámbito.

El futuro de la química forense

Dado el incremento de nuevas sustancias sicoactivas (drogas legales) que se expenden por internet se puede prever que las publicaciones en química forense continúen investigando el tema. Aún si las legislaciones a nivel mundial cambian y se logra incluir de alguna forma a este tipo de compuestos, sus efectos podrían ser objeto de estudio. Adicionalmente, en el escenario donde estas nuevas sustancias estén legisladas, los controles para su consumo y expendio involucrarán el desarrollo de metodologías analíticas por parte de los profesionales forenses.

Otras tendencias en investigación química-forense se centran en el desarrollo de instrumentos y sensores que permitan hacer determinaciones simultáneas y/o rápidas de diferentes drogas de abuso y explosivos. Para ello, en algunos casos se recurre a la nanotecnología y por tanto, se están investigando Nanomateriales para los componentes de los sensores así como también mecanismos de reacción que involucren nanopartículas. Debido al uso de estas sustancias también se tomarán en cuenta sus efectos en el organismo y en el ambiente para lo cual ya se están realizando estudios en nanotoxicología.

Así mismo, con la cantidad de información que es posible obtener gracias a las modernas tecnologías y gracias al uso de métodos estadísticos para procesar los datos, se pueden realizar diferentes aproximaciones con varios parámetros a la vez en lugar de enfocarse en un solo analito o grupo de analitos. Estas herramientas se denominan quimiométricas, su uso proveerá de mayor validez a los análisis de laboratorios al tiempo que permitirá una mayor colaboración interdisciplinaria ya que al procesar varios parámetros a la vez se pueden encontrar correlaciones que no han sido investigadas con anterioridad.

CONCLUSIÓN

La química forense es una disciplina donde convergen varias áreas del saber. Además, es una ciencia dinámica que ha experimentado avances sustanciales en los últimos 20 años, por lo cual el profesional debe ser versátil y adaptarse a los cambios. La masificación de las ciencias forenses en series populares de televisión ha hecho que el público en general tenga varios estereotipos en relación con ellas. Es necesario que se difunda el alcance real de las ciencias forenses y que estas sean percibidas como herramientas importantes de un sistema legal moderno, aun considerando sus

limitaciones, ya que su adecuada aplicación ayuda a la consecución de un fin de gran importancia: ser una sociedad justa.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la Agencia Ejecutiva de los ámbitos Educativo, Audiovisual y Cultural (EACEA) de la Unión Europea por la beca Erasmus Mundus concedida en el año 2011, que permitió adquirir los conocimientos que se presentan en este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler A. 1996. Updating recent studies on the Shroud of Turin. En: Orna M. (Ed.) *Archeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis*. Pp. 223–228. American Chemical Society, USA.

Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. 2013. Ecuador contará con un segundo Instituto de Investigación Forense desde este martes. Página de Internet: http://www.andes.info.ec/es/actualidad-seguridad/ecuador-contara-segundo-instituto-investigacion-forense-este-martes.html. Consultada 22.07.2014.

Bielecki Z, Janucki J, Kawalec A, Mikołajczyk J, Pałka N, Pasternak M y Wojtas J. 2012. Sensors and systems for the detection of explosive devices - an overview. *Metrology and Measurement Systems*, **19**: 3–28.

CONSEP. 2013. Resolución 001 CONSEP CD 2013. Registro Oficial No. 19 de la República del Ecuador. Página de Internet: http://www.consep.gob.ec/descargas/REGISTRO_OFICIAL.PDF. Consultada 31.07.2014.

Diario El Universo. 2013. *Cuatro comités conformarán la Organización Antidopaje Deportivo del Ecuador*. Página de Internet: http://unvrso.ec/00053FG. Consultada 01.08. 2014.

Diario El Telégrafo. 2013. *Ecuador y Perú analizan acciones para erradicar el contrabando en frontera*. Página de Internet: http://www.telegrafo.com.ec/justicia/item/en-el-ecuador-se-pierden-37-millones-de-dolares-anuales-por-trafico-de-combustible.html. Consultada 01.08.2014.

Emsley J. 2008. *Molecules of Murder, Criminal Molecules and Classic Cases*. RSC Publishing. Cambridge.

Harrison C. 2013. The analytical challenges of anti-doping analysis. *Analytical and Bioanalytical chemistry*, **405**: 9615–9616.

Heramb R y McCord B. 2002. The manufacture of smokeless powders and their analysis: A brief review. *Forensic Science Communications*, **4**: 2.

Leung R. 2005. *Yushchenko: 'Live and Carry on' (Interview with Christiane Amanpour)*. Página de Internet: http://www.cbsnews.com/news/yushchenko-live-and-carry-on/. Consultada 31.07.2014.

Madhuri K. 2013. *Nanotechnology sensors for the detection of trace explosives*. Página de Internet: http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=28691.php. Consultada 28.07.2013.

Mazumdar T. 2014. *Rise in deaths from 'Legal Highs' in the UK*. Página de Internet: http://www.bbc.com/news/health-26089126. Consultada 23.07.2014.

McCrone W. 1989. The Shroud of Turin: Blood or Artist's Pigment? *Accounts of Chemical Research*, **23**: 77–83.

Ministerio del Interior. 2014. *Ministerio del Interior inauguró moderno Laboratorio de Criminalística y Ciencias Forenses "María Eugenia Carrera", en Quito*. Página de Internet: http://www.ministeriointerior.gob.ec/ministerio-del-interior-inauguro-moderno-laboratorio-de-criminalistica-y-ciencias-forenses-maria-eugenia-carrera-en-quito/. Consultada 21.07.2014.

Office for National Statistics. 2013. *Statistical Bulletin: Deaths related to Drug Poisoning in England and Wales*. Página de Internet: http://www.ons.gov.uk/ons/dcp171778_320841.pdf. Consultada 23.07.2014.

Real Academia Española. 2001. *Diccionario de la lengua española* (22ª ed.). Página de Internet: http://www.rae.es/rae.html. Consultada 21.07.2014.

WADA. 2013. *List of Prohibited Substances and Methods*. Página de Internet: http://www.wada-ama.org/. Consultada 21.07.2014.

WADA. 2010. *Monitoring Program*. Página de Internet: http://www.wada-ama.org/. Consultada 21.07.2014.

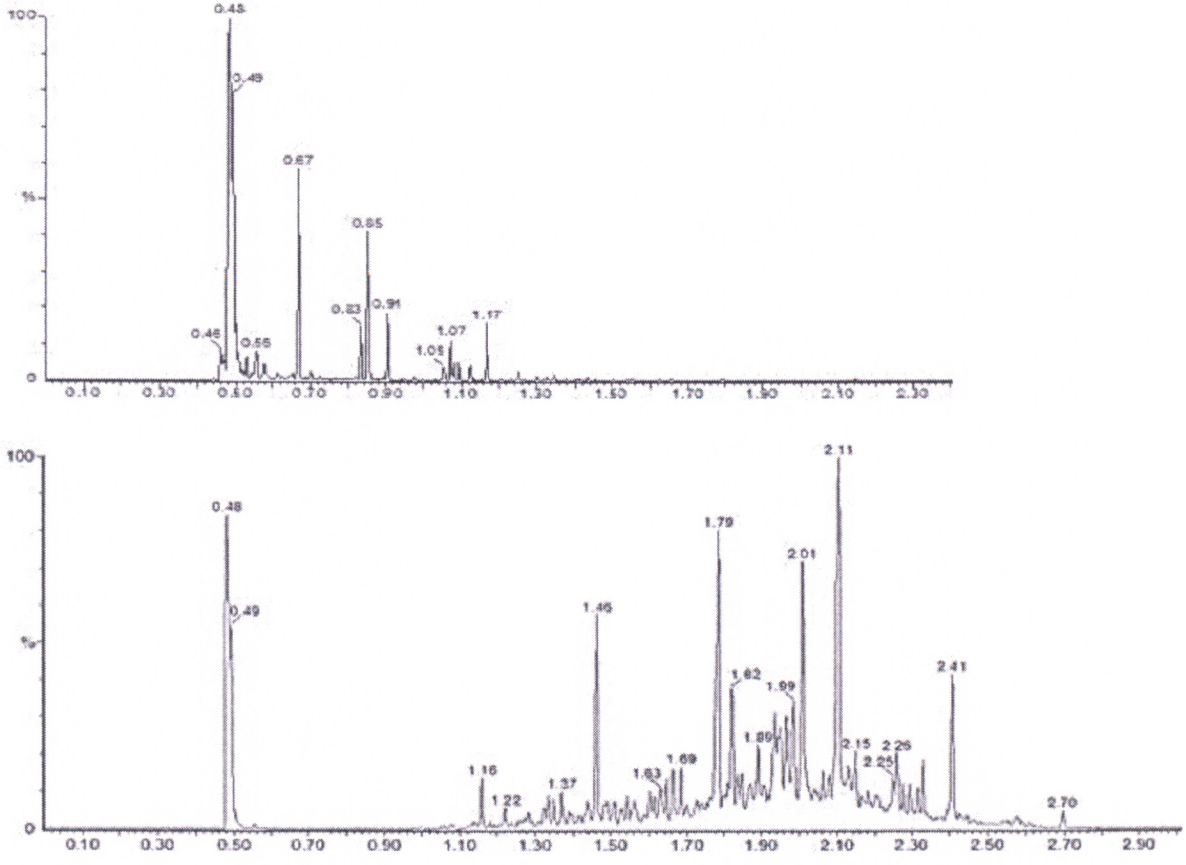


Figura 1. Perfil característico a la gasolina (arriba) y al keroseno (abajo) al ser analizados mediante cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas.