

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

*Master in Biotechnology of Environment and Health
University of Oviedo.*

*“Diseño de la estructura organizativa de un laboratorio de la
Policía Científica”*

“Design of the organizational structure of a laboratory of the Scientific Police”

Proyecto Final de Master

Por

David Illán Rodríguez Álvarez

27, Noviembre, 2015





Master in Biotechnology of Environment and Health.
Edificio Santiago Gascón, Campus El Cristo.
33006, OVIEDO (Spain). Phone +34 985 10 62 74.
Fax +34 985 10 31 57. www.unioviedo.es/MBEH/.

PROFESOR TUTOR:

Dra. M^a Teresa Fernández Sánchez (Universidad de Oviedo)

CERTIFICA:

Que D. **David Illán Rodríguez Álvarez** ha realizado bajo mi dirección el Trabajo Fin de Máster al que corresponde la presente memoria en el contexto de los estudios del Máster Universitario en Biotecnología del Medio Ambiente y la Salud, curso 2013-2015.



Oviedo, 21 de Noviembre de 2015

MBEH-COORDINATOR:

M^a Teresa Fernández Sánchez
mfernandez@uniovi.es

AGRADECIMIENTOS

En este apartado, me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han apoyado y/o aconsejado no sólo para la realización de este trabajo, sino a lo largo de todo el máster.

En primer lugar, a la Doctora M^a Teresa Fernández Sánchez, por haberme permitido la realización de este nuevo trabajo fin de máster, por todo su apoyo y consejos durante no sólo el Máster, sino como mi tutora en este nuevo trabajo. Agradecerle también a mi anterior tutora, la Doctora Ana María Coto Montes, que pese a no haber seguido en su laboratorio en el Departamento de Morfología y Biología Celular de la Universidad de Oviedo, el aprendizaje, apoyo y ayuda recibida de su parte, me han servido para crecer como persona en el presente.

Por otro lado, también quería agradecer a todos los coordinadores y profesores del Máster en Biotecnología del Medio Ambiente y la Salud de la Universidad de Oviedo por todo lo que nos han enseñado en este curso.

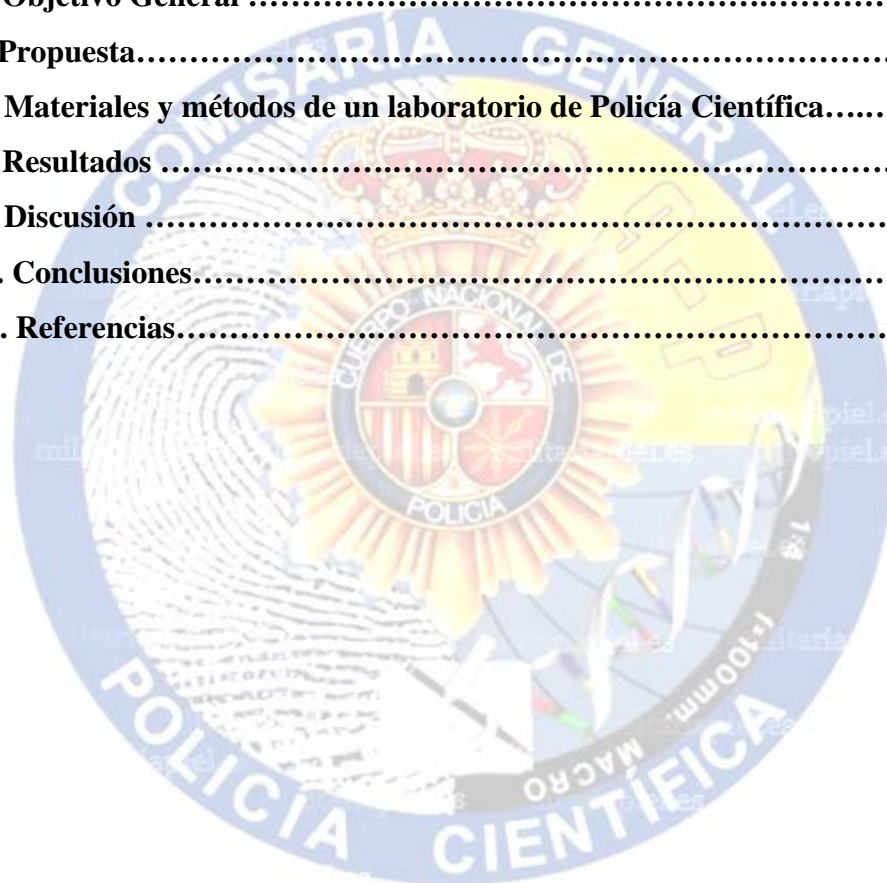
También quería dar las gracias a mis padres el apoyo recibido todo este tiempo, no sólo en el Máster, sino durante toda la carrera, lo cual me ha permitido alcanzar mi meta de llegar hasta aquí.

Y por último, a mis amigos por estar ahí siempre para escucharme y a ti, Mónica, por ser la persona, que siempre está a mi lado, que me ha ayudado en todo, me ha animado y que me ha dado su opinión en todo momento. Sin más, gracias a todos.

POLICIA
CNP

ÍNDICE

1. Resumen.....	1.
2. Abstract.....	2.
3. Listado de figuras.	3.
4. Listado de siglas y abreviaturas... ..	4.
5. Reseña histórica/Introducción.....	5.
6. Objetivo General	14.
7. Propuesta.....	14.
8. Materiales y métodos de un laboratorio de Policía Científica.....	16.
8. Resultados	26.
9. Discusión	36.
10. Conclusiones.....	37.
11. Referencias.....	38.



**POLICIA
CNP**

RESUMEN

El laboratorio de criminalística del Principado de Asturias analiza muestras de cualquier hecho ilícito, violento o suceso en todo el Principado.

El objetivo general de este proyecto es el diseño y ampliación del laboratorio Químico-Toxicológico de la Brigada de Policía Científica de Oviedo. Recientemente, se está observando un progresivo aumento en el consumo de sustancias tóxicas, drogas y fármacos de abuso por la sociedad actual, especialmente, entre los 16 y los 30 años. Como consecuencia, la ampliación y descentralización de esta área del Laboratorio Criminalística, permitirá abarcar un mayor volumen de muestras y estará dotado de la tecnología más avanzada en análisis forense de sustancias tóxicas y drogas. Además y como novedad, se apostará por el uso de dispositivos analíticos miniaturizados, denominados biosensores, para los análisis in situ de drogas de abuso y compuestos tóxicos en menor tiempo. Estos son una herramienta biotecnológica en el diagnóstico forense. Debido a la ocurrencia de falsos positivos y negativos de las pruebas inmunológicas y la necesidad de recurrir a pruebas confirmatorias más complejas como la cromatografía y la espectrometría, se propone el empleo de un tipo de biosensor basado en tecnología serigráfica, la cual consiste en recubrir la superficie del electrodo del biosensor con una variedad de diferentes tintas conductoras (oro carbono, platino), lo cual, facilita el análisis de cualquier sustancia en matrices biológicas distintas in situ en menor tiempo.

Los biosensores poseen algunas características como una alta sensibilidad, una buena selectividad y asequibilidad, son fácilmente manejables y su capacidad de ser miniaturizados y automatizados, lo cual, los hace ser una pieza clave en el diagnóstico forense.

ABSTRACT

The crime lab of Asturias, analyzes samples of any wrongdoing, violent or event throughout the Principality.

The overall objective of this project is the design and expansion of the Chemical-Toxicology Laboratory of Scientific Police Brigade of Oviedo. Recently, it is seeing a steady increase in the consumption of toxic substances, drugs and drugs of abuse by today's society, especially between 16 and 30 years. As a result, enlargement and decentralization of this area of the Forensic Laboratory will cover a larger volume of samples and will be equipped with the latest technology in forensic analysis of toxic substances and drugs. Also as a novelty, it will bet on the use of miniaturized analytical devices called biosensors, for in situ drug abuse and toxic compounds in less time analysis. These are a biotechnological tool in the forensic diagnosis. Due to the occurrence of false positive and negative immunological tests and the need to resort to more complex confirmatory testing such as chromatography and spectrometry, using a type of biosensor based on screen printing technology is proposed, which consists in covering the biosensor electrode surface with a variety of different conductive inks (carbon gold, platinum), which facilitates the analysis of any substance in different biological matrices in situ in less time.

Biosensors have some features like high sensitivity, good selectivity and affordability, are easily manageable and its ability to be miniaturized and automated, which makes them a key element in the forensic diagnosis.

LISTADO DE FIGURAS

1. Sistema S.A.I.D. o A.F.I.S. (Sistema Automático de Identificación Dactilopalmar)...	7.
2. Puntos característicos de las huellas dactilares.....	7.
3. Ejemplos de luz forense.....	9.
4. Microscopio criminológico de comparación forense.....	10.
5. Imágenes del Sistema Integrado de Identificación balística.....	10.
6. Sistemas <i>BRASSTRAX</i> y <i>BULLETRAX</i> , respectivamente.....	10.
7. Sistema Brasstrax.....	10.
8. Recuperadores de balas y bancada de pruebas	10.
9. Sala instrumental, de estudio de prendas de vestir y colección técnica de armas.....	11.
10. Galería actual.....	11.
11. Estudios de balística y trazas instrumentales.....	12.
12. Instrumentación empleada en Documentoscopia.....	12.
13. Botes de cristal con válvulas tipo septum.....	12.
14. Cromatógrafo de gases-masas, Microextracción y Twister.....	12.
15. Tipos de muestras.....	14.
16. Inmunoensayo.....	20.
17. Principio de medida del VIDAS.....	21
18. Inmuncromatografía.....	22.
19. Test de detección de consumo.....	22.
20. Cromatografía de gases para detectar drogas y tóxicos.....	22.
21. Cromatografía líquida, detecta la mayoría de las drogas y tóxicos en sangre.....	23.
22. Cromatografía de gases para detectar compuestos tóxicos volátiles.....	24.
23. CO-oximeter.....	24.
24. Biosensor basado en tecnología serigráfica.....	25.
25. Lote de 50-75 unidades de biosensores serigrafados de la empresa Dropsens.....	25.
26. Biosensor serigrafado.....	25.
27. Localización del nuevo laboratorio de toxicología de Oviedo.....	27.
28. Imagen del edificio donde estará situado el laboratorio.....	27.
29. Estructura interior del laboratorio de química-toxicología.....	28.

LISTADO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- S.A.I.D.: Sistema Automático de Identificación Dactilar.
- ADN: Ácido desoxirribonucleico.
- OIPC-INTERPOL: Organización Internacional de Policía Criminal.
- I+D: Investigación y desarrollo.
- C.G.P.C: Comisaría General de Policía Científica.
- DNI: Documento Nacional de identidad.
- PTPs: Policías Técnicos de Proximidad.
- IBIS: Identificación de elementos balísticos.
- U.V: Radiación ultravioleta.
- IR: Radiación infrarroja.
- CNP: Cuerpo Nacional de Policía.
- LSD: Dietilamida de ácido lisérgico.
- Perros D.A.F.: Perros detectores de acelerantes del Fuego.
- PCR5: Reaccion en cadena de la Polimerasa.
- ELISA: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas.
- RIA: Radioinmunoensayo.
- S.N. C. Sistema Nervioso Central.
- ELFA: Enzyme Linked Fluorescent Assay.
- TRIS: tris(hidroximetil)aminometano
- GC-MS: Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
- LC-MS: Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas.
- DQO, DBO5: demanda química y biológica de oxígeno.

1. RESEÑA HISTÓRICA.

La policía científica, o criminalística, surge en España, a partir del sistema antropométrico de Alphonse Bertillon (*Barberá, A. y col., 2004*), un sistema de identificación basado en el reconocimiento del sospechoso por sus medidas antropométricas, en la descripción y en las marcas personales, junto con la fotografía y la impresión de los surcos papilares de los dedos de la mano derecha.

En 1910, **Edmond Locard**, padre de la criminalística, estableció cuatro principios sobre los que se apoya toda la actividad de la policía científica o criminalística, sinónimos de ciencias forenses, es decir, todas aquellas disciplinas científicas empleadas por la policía científica española: 1º. Principio de transferencia o de intercambio, el cual refleja que cualquier presencia en una escena deja vestigios visibles o no. 2º. Principio de correspondencia, el cual relaciona los indicios con el autor de los hechos (por ejemplo, si dos huellas dactilares corresponden a la misma persona). 3º. Principio de reconstrucción de hechos, el cual sirve para la reconstrucción de los hechos a partir de cualquier indicio, resto, huella o sustancia hallada. 4º. Principio de probabilidad, el cual permite deducir la posibilidad o imposibilidad de un fenómeno en base al número de verificaciones durante su cotejo.

2. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, El Principado de Asturias cuenta con un laboratorio forense situado en la Brigada de Policía Científica, en Oviedo. El laboratorio consta de un Servicio de Identificación (Entomología Forense), un Servicio de Innovación Técnica (Área de inspecciones oculares técnico-policiales), un Servicio Análisis Científicos (Laboratorio Químico-Toxicológico y Laboratorio Biología-ADN) y finalmente una Unidad de Criminalística (Balística y Documentoscopia). No obstante, al igual que sucede en otros laboratorios territoriales, los lazos que éstos poseen con los respectivos Servicios Centrales en Madrid, en materia de análisis científicos (Químico y Biológico), criminalística, y análisis forense, están estrechamente ligados.

2.1. Estructura de la brigada de policía científica de Oviedo. El Laboratorio.

La Brigada de Policía Científica de Oviedo, está estructurada de la siguiente manera:

2.1.1. Secretaría.

La Secretaria gestiona, y planifica, las líneas de actuación en materia de investigación, procesa y analiza las muestras recibidas, los asuntos personales, los

bancos de datos así como la elaboración de informes periciales donde queden reflejados los resultados obtenidos.

2.1.2. Unidad de Identificación.

Lleva a cabo funciones en materia de dactiloscopia y fotográfica, en cuanto al servicio automático de identificación dactilar (S.A.I.D.), al de la tecnología de la imagen, y al de antropología. Así mismo se encarga de la elaboración de informes periciales, de interés policial y judicial del Principado.

La unidad de Identificación cuenta con el *Servicio de Identificación*, integrado por las áreas de Dactiloscopia, el área de Antropología Forense (Redomero, G., E., y col., 2010, Enciso, y col., 2010), útiles para la identificación de cadáveres mediante el estudio fisonómico mediante apoyo audiovisual, fotográfico y/o de retratos robot y el área del S.A.I.D.

2.1.2.1. Medios técnicos. Área del S.A.I.D.

El S.A.I.D. o Sistema Automático de Identificación de Huellas Dactilares, (Redomero, G., E., y col., 2010) es un sistema informático que almacena, coteja impresiones dactilares y palmares (dactilogramas y quirogramas) de personas detenidas y reseñadas (impresión de reseña dactilar o palmar, huella indubitada) con impresiones dactilares halladas en el lugar de los hechos (impresión latente dactilar o palmar, huella dubitada). En realidad el S.A.I.D. es una base de datos sincronizada con la de otros cuerpos de policía (INTERPOL).



Figura 1. Sistema SAID o AFIS.

2.1.2.1. Funcionamiento del S.A.I.D.

El S.A.I.D. se basa en la codificación del dibujo papilar atendiendo a sus particularidades morfológicas o puntos característicos detectados (minucias o *minutiae*). La secuencia de trabajo comienza con la lectura de la decadactilar, a través de un escáner plano, o captura de la misma mediante *live scan*. Después, se adapta solamente la información útil. A continuación, se extraen las características (*minutiae*), se calcula el patrón y se almacena. Por último, se compara la decadactilar obtenida, con las muestras almacenadas para su identificación. De la misma forma, se lleva a cabo la búsqueda de huellas latentes, pero el sistema ofrece una lista de candidatos en orden de coincidencia, para que sea el experto



Figura 2. Puntos característicos de las huellas.

quien los examine en busca de encontrar aquel que corresponde con la muestra indubitada. Antiguamente era una persona física la que hacía el cotejo visual de las impresiones contando manualmente los puntos característicos. El *S.A.I.D.* permite su automatización, permitiendo un análisis y cotejo más rápido y fiable, pudiendo almacenar en su memoria gran cantidad de archivos y datos.

2.1.2.2. Entomología Forense.

La Unidad de Identificación cuenta con dos expertos en la estima del intervalo post-mortem, basándose en los cambios debidos al proceso de putrefacción, ocurridos en el cuerpo tras la muerte; (*Gambín, y col., 2010*) y en métodos zoológicos basados en el estudio de la fauna denominada "Sarcosaprófaga", es decir, insectos y otros artrópodos dotados de organismos quimiorreceptores, capaces de detectar la presencia de restos cadavéricos ya que, son los primeros en llegar a la escena del crimen. Los entomólogos determinan el tiempo de exposición de un cadáver a la actividad de los artrópodos, basándose tanto, en su estudio, como en la influencia de factores ambientales, tales como la temperatura y la humedad, que influyen en la estima del intervalo post-mortem o data de la muerte, a averiguar si el cadáver ha sido trasladado de lugar, debido al comportamiento de las especies y por la distribución de los insectos en áreas limitadas (endemismos).

La fauna sarcosaprófaga más útil suelen ser tanto los dípteros (moscas) como los coleópteros (escarabajos) en el estadio adulto y larval, y los lepidópteros (polillas). La fauna sarcosaprófaga es útil por ser la primera en acudir al cadáver y ser capaz de discriminar olores, por la distribución mundial de los estadios adultos y por poseer ciclos de desarrollo cortos, es decir, realizan una metamorfosis completa.

2.1.2.3. Servicio de Innovación Técnica.

El Servicio de Investigación Técnica se encarga de tareas de I+D, al apoyo fotográfico a las actividades de la Policía Científica, y a la elaboración de informes sobre delitos tecnológicos. Además, establece Relaciones Institucionales, mediante la cooperación con otras brigadas de Policía Científica, con Universidades en materia de investigación, y aplicaciones biotecnológicas, con el Consejo General del Poder Judicial (CGPJ); y con organismos oficiales que fomenten la investigación en España como la INTERPOL, la EUROPOL, y la ENFSI.

El Servicio de Innovación técnica está integrado por el **Área de inspecciones oculares técnico policial** (*Villarreal, B., G., y col., 2010*), al que se le atribuye las

siguientes actividades: Lleva a cabo el desplazamiento al lugar de los hechos y la posterior inspección ocular en casos de delitos violentos, sustracción de enseres o bienes, accidentes, suicidios, incendios y explosiones, la colaboración en la reconstrucción de hechos mediante apoyo documental y fotográfico y el cotejo, in situ, con el DNI para la identificación de cadáveres en casos de muertes provocadas o accidentales.

2.1.2.3.1. Personal y medios técnicos.

Los miembros del Cuerpo Nacional de Policía (CNP), que realizan las tareas mencionadas, son los Policías Técnicos de Proximidad. Éstos investigan tanto tráfico de estupefacientes a pequeña escala, como robos con violencia o intimidación, robos en inmuebles, sustracción de vehículos, y la violencia urbana (Villarreal, B., G., y col., 2010). Para ello, cuentan con un equipo técnico básico que consta de un maletín de inspecciones oculares, un equipo fotográfico, un vehículo policial de los P.T.P., y una fuente de luz forense para una mejor localización de vestigios no visibles directamente por el ojo humano, para detectar huellas latentes, fluidos corporales (sangre, semen, sudor), residuos de disparo, falsedad documental, pinturas, fibras, drogas, grasas, marcas de mordiscos, lesiones latentes, huellas de pisadas y neumáticos.



Figura 3. Ejemplos de Luz forense.

2.1.3. Unidad de Criminalística.

La Unidad de Criminalística desempeña funciones de análisis y estudio en materia de balística forense, trazas instrumentales (estudio de lesiones ocasionadas por armas no de fuego) y falsificación documental, y grafoscopia (documentoscopia). Para su labor, la unidad de criminalística cuenta con 8 técnicos-licenciados, altamente cualificados.

La unidad de Criminalística está integrada por tres áreas: la balística forense, la de trazas instrumentales y la documentoscopia.

2.1.3.1. Área de Balística forense.

El área de balística forense estudia y calcula el alcance, la dirección y el comportamiento de los proyectiles (Olivar-Busta, A., 2010), determina el tipo de arma, de cartucho o munición utilizada; la distancia y el ángulo de tiro; la trayectoria; el número de disparos efectuados; determina si ha sido disparada el arma sospechosa; estudia las relaciones de identidad entre las lesiones producidas por el arma utilizada y los elementos o partes de dicha arma, causantes de tales lesiones.

2.1.3.1.1. Medios técnicos del área de balística forense.

El área de Balística Forense de la Comisaría de Policía Científica de Oviedo consta de los siguientes medios técnicos:

1. Microscopio criminológico de comparación.

Es un equipo óptico de alta precisión, empleado por todos los Laboratorios de Balística Forense, que facilita el estudio comparativo de elementos balísticos (vainas y balas), permitiendo asegurar si dichos elementos han sido o no percutidos o disparados con el mismo arma (Olivar-Busta, A., 2010).

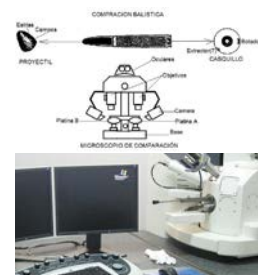


Figura 4. Microscopio criminológico de comparación

2. IBIS. Sistema integrado de identificación balística.

El IBIS es un sistema de identificación de elementos balísticos, soportado de una tecnología informática y óptica muy avanzada. Los sistemas IBIS se utilizan para el procesado y búsqueda automática de lesiones identificativas en vainas (BRASSTRAX) y en balas (BULLETRAX).

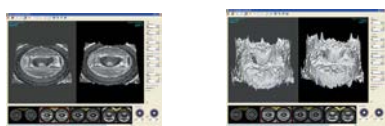


Figura 5. Imagen 3D de percusión (brasstrax).



Figura 6. Imágenes del Sistema integrado de identificación balística

Figura 7. Sistemas BRASSTRAX y BULLETRAX, respectivamente.



3. Colección operativa de armas y cartuchos.

Las instalaciones del laboratorio de balística forense de la Comisaría de Policía Científica de Oviedo, cuentan con una sala de archivo de armas, donde se hallan los armeros, con un arsenal de más de 2.400 armas en perfecto estado, para obtener elementos “testigo” de cualquier arma implicada en un crimen. (Olivar-Busta, A., 2010), con un proyector de perfiles y superficies para medir la anchura, la longitud, la inclinación de las estrías causadas por las balas disparadas, y la medición de los orificios por impacto de bala o corte de arma blanco, de un microscopio estereoscópico de discusión para el examen de elementos balísticos, de un microscopio quirúrgico, para el examen de superficies objeto de disparo, y varios juegos de endoscopia para el examen del interior de los cañones.

Figura 8. Recuperadores de balas y bancada de pruebas.



Además, el laboratorio, contiene un vídeo endoscopio, para el examen de cañones de arma de fuego, una balanza de precisión para el pesaje de balas,

y dosis de pólvora, *detectores de metales* para la localización de elementos metálicos, *medidores de velocidad* para determinar la velocidad de los proyectiles. Además, dispone también de *telémetros* para calcular las distancias de disparo, *recuperadores de balas* para la obtención de balas testigo, una *bancada de prueba de armas* para la prueba de armas cortas y largas, un *dinamómetro* para medir la fuerza de resistencia de los mecanismos de disparo, y unos *maletines de inspección ocular* balísticos y de reconstrucción de trayectorias (*Maletín BTK*) (*Olivar-Busta, A., 2010*).

El laboratorio de balística forense dispone de instalaciones y salas de trabajo, como la sala instrumental, donde están los aparatos de microscopía, el sistema *IBISTRAX* y del depósito judicial de elementos balísticos (*colección de anónimas*). Además, cuenta también, con una sala de trabajo y despachos para el personal, dotadas de equipos informáticos, de una sala de estudio de prendas de vestir y superficies de impacto, en la cual, hay mesas de análisis, una campana de gases, maniqués anatómicos, e instrumental de estudio necesario y maletines de inspección.



Figura 9. De izquierda a derecha, sala instrumental, sala de estudio de prendas de vestir y colección técnica de armas, respectivamente.

El laboratorio también tiene una galería de pruebas balísticas, para el tratamiento forense de las armas de fuego, con el objetivo de determinar tanto, la operatividad del arma en el mismo momento y circunstancias de su utilización, como la obtención de elementos de la misma, vainas y balas. Por último, se cuenta con un taller armero, donde se analizan posibles anomalías o imperfecciones observadas en las armas y sus antecedentes balísticos.



Figura 10. Galería actual.

2.1.3.2. Trazas Instrumentales.

El área de trazas instrumentales se encarga del estudio de herramientas y elementos de cerradura violentados, de analizar las placas de matrícula y prendas de ropa con lesiones por arma blanca, de analizar objetos o superficies susceptibles de haber sido forzadas, alteradas o manipuladas, y de estudiar y analizar huellas de pisadas y de rodada de neumáticos (*Olivar-Busta, A., 2010*).

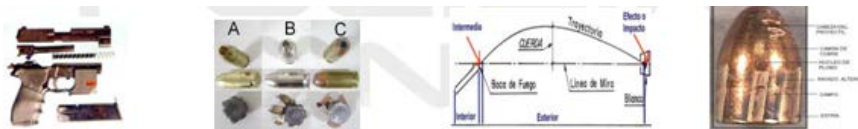


Figura 11. Imágenes de los estudios de balística y trazas instrumentales.

2.1.3.3. Área de Documentoscopia.



El área de documentoscopia investiga la autenticidad o falsedad de un “documento”, de su contenido o de su autor, entendiendo por documento, como “todo aquel soporte capaz de albergar un contenido gráfico, bien impreso o manuscrito (sellos, tarjetas de crédito, pasaportes, documentos relativos a vehículos y transporte, documentos de escritura manual (grafoscopia), y obras de arte)” (Mohedano-Moriano, A., y col., 2010).

2.1.3.3.1. Medios técnicos del área de documentoscopia.

El material del que dispone el área de Documentoscopia de la Comisaría de Policía Científica de Oviedo es el siguiente: un *microscopio Binocular*, un *microscopio de infrarrojos* para el análisis óptico de tintas; un *proyector de perfiles* para mediciones de precisión; un *comparador video-espectral* para el análisis óptico del comportamiento de tintas bajo diferente iluminación y longitudes de onda (U.V., IR y azul verde.); y, un *fluotest* para la observación de luminiscencia bajo luz U.V. de diferentes longitudes de onda (Mohedano-Moriano, A., y col., 2010).



Figura 12. Instrumentación empleada en Documentoscopia. De izquierda a derecha: Microscopio binocular, microscopio de infrarrojos, proyector de perfiles, comparador video-espectral y Fluotest.

2.1.4. Unidad/Servicio de Análisis Científicos.

El Servicio de Análisis Científicos está integrado por dos servicios: el Laboratorio Químico-Toxicológico y el Laboratorio de Biología-ADN.

El **Laboratorio Químico-Toxicológico**, a su vez, está integrado por 3 grandes áreas: la *química general*, para el estudio de restos de incendios, explosivos, tierras, vidrios, etc.; la *química toxicológica* para el estudio y análisis de sustancias estupefacientes; y la de *química criminalística* para el estudio y análisis de pinturas de vehículos, fibras, residuos, cálculo de la distancia de disparos, etc. (Domínguez-Peña, B., 2010).

El **Laboratorio de Biología-ADN** analiza cualquier vestigio o evidencia biológica, del lugar de los hechos tras la inspección ocular.

2.1.4.1. Laboratorio de Química-Toxicología.

El laboratorio Químico-toxicológico cuenta con un personal del propio CNP para la recogida de muestras "in situ" y de técnicos-licenciados con una cualificada titulación y formación. Las áreas de trabajo del laboratorio químico-toxicológico se dividen en:

2.1.4.1.1. Química General.

Analiza tanto sustancias orgánicas e inorgánicas, recogidas en el lugar de los hechos tras la inspección ocular, así como cualquier solicitud de análisis por parte de la autoridad judicial y policial (Domínguez-Peña, B., 2010). Además, estudia y analiza restos de incendios, explosivos, tierras, vidrios, etc.

2.1.4.1.2. Química toxicológica.

Estudia el tipo y el origen de tóxicos, sus consecuencias en el organismo, estudia la incidencia del consumo de drogas y fármacos de abuso en la sociedad actual, estudia y analiza estupefacientes como el opio y derivados, la cocaína, el cannabis, los alucinógenos, el LSD, la anfetamina y derivados anfetamínicos (drogas de diseño), los fármacos, los barbitúricos, las benzodiacepinas, las alcoholemias, los tóxicos orgánicos e inorgánicos, etc. (Domínguez-Peña, B., 2010).

2.1.4.1.3. Química criminalística.

Estudia, y analiza materias como pinturas de vehículos, residuos y distancia de disparos, fibras, tintas y papel, restauración de números troquelados en armas, automóviles, etc. (Domínguez-Peña, B., 2010).

2.1.4.1.4. Análisis de incendios.

Para la recogida de muestras en incendios, se emplean botes de cristal con válvulas tipo septum, evitando así, la pérdida de volátiles, o que haya contaminación o manipulación de las mismas. Una vez asegurada la muestra, se procede a determinar y detectar el tipo de acelerante empleado (Domínguez-Peña, B.,2010). Para ello, se dispone de una instrumentación rápida, selectiva y extremadamente sensible.

Figura 13. Botes de cristal con válvulas tipo septum.



Actualmente, la *microextracción en fase sólida* es la técnica habitual en el *laboratorio químico de análisis de incendios*, para la detección de volátiles, siendo rápida, sencilla, no emplea disolventes, muy sensible y relativamente barata. Sin embargo, técnicas complementarias como el twister, extremadamente sensible, ha permitido disminuir los límites de detección. No obstante, dado la complejidad de análisis de restos de incendios, productos de pirolisis, sustancias

interferentes etc., se emplean detectores altamente sensibles y selectivos como los detectores de espectrometría. Es, por tanto, la cromatografía de gases-masas la técnica más habitual en el laboratorio químico de la Policía Científica, para la investigación de incendios. Así mismo, cuenta con una unidad canina adiestrada para la detección de acelerantes de la combustión (perros D.A.F).



Figura 14. De izquierda a derecha, cromatógrafo de gases-masas para incendios y "microextracción en fase sólida".

2.1.5. Laboratorio de Biología-ADN.

El ADN es una herramienta precisa para la identificación de individuos. El Laboratorio de Biología-ADN analiza cualquier vestigio o evidencia biológica hallada de interés criminal en múltiples delitos, identifica restos humanos y personas desaparecidas y lleva a cabo investigaciones biológicas de la paternidad y otras relaciones de parentesco. El ADN empleado en el análisis en el ámbito forense es el ADN autosómico, heredado de nuestros progenitores; sin embargo el ADN mitocondrial u del cromosoma Y también se emplean para establecer lazos de parentesco o en pruebas de paternidad.

2.1.5.1. Pasos del análisis y técnicas moleculares en el laboratorio de Biología-ADN.

Tras la recogida de las muestras y el envío al laboratorio, se procede a la obtención de los perfiles genéticos de las muestras de sangre, semen, saliva, orina, pelos, tejidos, y las muestras de referencia (normalmente una toma bucal mediante hisopo o una muestra de sangre) utilizando los siguientes procedimientos: 1º. Extracción y purificación del ADN. 2º. Cuantificación del ADN humano obtenido para asegurar así la obtención de perfiles de alta calidad y reproducibilidad. 3º. Amplificación y marcaje fluorescente de las regiones variables de ADN de interés utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). 4º. Separación por electroforesis y detección de los segmentos de ADN marcados generados mediante PCR. 5º. Comparación de los perfiles genéticos obtenidos e interpretación de los resultados.

2.1.5.2. Tipos de muestras.

Por lo general, cualquier tipo de muestra biológica es analizable en el laboratorio de ADN. Las evidencias o vestigios biológicos/os, que comúnmente analiza el laboratorio de ADN, son, células de descamación, dientes,



Figura 15. Tipos de muestras.

esperma, pelos, restos óseos, sangre, saliva, y tejidos.

2.1.5.3. Personal del laboratorio de biología-ADN.

Debido a la complejidad tanto de la realización, como de la interpretación de las pruebas moleculares, sobre las que se apoya la biología forense, el laboratorio cuenta con un equipo de quince profesionales, altamente cualificados, en distintas áreas: dos técnicos superiores especializados en diagnóstico clínico, un licenciado en veterinaria, dos licenciados en ciencias químicas, un licenciado en matemáticas, seis licenciados en ciencias biológicas, un diplomado en farmacia, un licenciado en medicina, y un doctor en biología.

3. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general de este proyecto es el diseño y ampliación de un laboratorio de la Policía Científica. El laboratorio de la Policía Científica que está situado en la Jefatura Provincial de la Policía Nacional, en Oviedo, se verá complementado, con la apertura en un edificio anexo, de un moderno y avanzado laboratorio Químico-Toxicológico. Con dicha ampliación y descentralización del resto de la estructura del mencionado Laboratorio, se pretende lograr una mayor respuesta tanto en la identificación y análisis de sustancias tóxicas como en la determinación de la presencia de drogas de abuso en fluidos corporales. Para tal labor, se emplean por un lado, ensayos inmunológicos altamente sensibles y eficaces y por otro, gracias a los avances en el campo de la biotecnología, el empleo de dispositivos analíticos miniaturizados supone una herramienta eficaz gracias a sus innumerables ventajas frente a las metodologías comunes, complejas, propias de cualquier laboratorio de química-toxicología, como los inmuno-ensayos, la cromatografía, y la espectrometría.

4. PROPUESTA.

El laboratorio de criminalística/forense del Principado de Asturias, recoge, procesa y analiza muestras de cualquier hecho ilícito, violento o suceso catastrófico/natural acontecidos en todo el Principado. En la propia sede situada en la Comisaria de Policía Científica de Oviedo, donde se cuenta con los laboratorios y el equipamiento tanto material como personal más cualificado y moderno. Tanto la identificación de cadáveres, las salas de autopsia, las habitaciones acondicionadas para el reconocimiento previo de la víctima por parte de los familiares, como la tecnología más avanzada en materia de ADN, Balística Forense, Trazas Instrumentales, Documentocopia, Química General, análisis de incendios, están localizadas en las mismas dependencias de dicha Comisaria.

Sin embargo, todo lo comentado hasta ahora acerca de cómo está organizado el laboratorio criminalística de la Policía Científica responde a lo que ya existe actualmente en Asturias. Como consecuencia del incesante aumento en el consumo de estas sustancias ilegales por la población joven, se propone el diseño y la ampliación de la Unidad de análisis científicos de la Comisaria de Policía Científica de Oviedo, concretamente el área del Laboratorio Químico-Toxicológico. Esta ampliación y descentralización de esta área del Laboratorio Criminalística, permitirá abarcar un mayor volumen de muestras, emplear novedosas técnicas en materia de análisis de

sustancias tóxicas, aumentar la rapidez y eficacia con la que se determinan en fluidos corporales, la presencia o no, de drogas o fármacos de abuso.

El por qué de llevar a cabo la ampliación del Laboratorio de Química-Toxicología y no otra área o Unidad de la Comisaría de Policía Científica, se centra en el hecho de que las características propias de la región asturiana (es un área industrial, la abundancia de incendios, el consumo elevado de drogas con respecto a otras zonas de España, etc.) hacen necesaria la implantación de un laboratorio que esté al mismo nivel que el de otras regiones como Madrid. Aquí proponemos la ampliación de éste laboratorio, el cual estará dotado de la tecnología más avanzada en análisis forense de sustancias tóxicas y drogas, basada en inmunoensayos y metodologías más complejas para su posterior confirmación (cromatografía de gases y espectrometría de masas), habituales en numerosos laboratorios acreditados, pero, además, se apostará por el uso de dispositivos analíticos miniaturizados, denominados biosensores, capaces de analizar y detectar "in situ", cualquier compuesto tóxico o droga en un tiempo inferior al de cualquier métodos inmunológico convencional. Esta herramienta biotecnológica, supone una revolución en el diagnóstico forense, llevando así, al laboratorio, al más alto nivel en la investigación criminal.

Previamente al uso de biosensores, se propusieron algunas metodologías basadas en inmunoensayos (ELISA, RIA) para la detección de compuestos tóxicos y drogas y fármacos de abuso en muestras recogidas en el lugar del suceso y/o biológicas. Sin embargo, estas metodologías, a pesar de, sus numerosas ventajas, entre las que se encuentra, una reducción en el número de análisis necesarios, un bajo grado de sensibilidad y la no significativa preparación requerida, presentaban algunos inconvenientes la ocurrencia de falsos positivos y negativos, los vínculos Antígeno-Anticuerpo sobre los que se basan los inmunoensayos, no estaban siempre accesibles, la falta de especificidad, el coste adicional del traslado o recogida de muestras para su posterior análisis etc. Debido a esto, es necesario un análisis confirmatorio posterior, con otras metodologías analíticas mucho más complejas y selectivas, basadas en técnicas de cromatografía y de espectrometría de masas.

El desarrollo de los biosensores permite obtener un resultado confirmatorio de un análisis de un compuesto tóxico, o la presencia de una droga en sangre, orina, saliva, "in situ" o en el laboratorio, en un tiempo inferior al de los métodos inmunológicos. Además, Asturias, es una región con una ocurrencia de incendios, bastante alta; el uso

de biosensores evita la laboriosa labor del adiestramiento de perros en la detección de acelerantes de la combustión, utilizados en muchos casos, por pirómanos en incendios provocados. Indudablemente, hablamos de dispositivos biológicos que simulen, el aparato olfatorio de un ser vivo, en este caso de los perros (perros D.A.F.). Los biosensores poseen algunas características como una alta sensibilidad, una buena selectividad y asequibilidad, son fácilmente manejables y su capacidad de ser miniaturizados y automatizados. Por tanto, la razón por la cual, se piensa en dotar al laboratorio de esta aplicación biotecnológica, es la de superar los inconvenientes que poseen las metodologías habituales, convirtiendo a los biosensores, en una pieza esencial en el diagnóstico forense.

5. MÉTODOS DE ANALISIS Y MATERIALES DEL LABORATORIO QUÍMICO-TOXICOLÓGICO.

La ampliación del laboratorio de química-toxicología permite analizar un mayor volumen de muestra. Por un lado, se analizaran muestras de fluidos biológicos y tejidos tomadas por el Médico Forense tras la autopsia, sustancias tóxicas presentes en prendas de vestir, objetos o cualquier otro material hallado en el escenario del crimen, además se analizan muestras provenientes de fluidos corporales o tejidos solicitadas por entidades privadas o clubes deportivos, en pruebas rutinarias antidoping, para detectar el posible consumo de drogas de abuso o fármacos; por otro lado, se analizan muestras donde se sospeche la presencia de venenos químicos (Arsénico, Cianuro, monóxido de carbono, etc.).

Una vez que las muestras llegan a nuestro laboratorio, son recepcionadas y etiquetadas con un código identificativo, por nuestro personal administrativo, quien a continuación las deja en manos de cualquiera de los técnicos especializados en toxicología y química legal o de los licenciados en Biología o Química del laboratorio forense. El personal administrativo rellena un formulario con las pruebas solicitadas por la policía o en su defecto por una entidad privada que solicite un análisis bajo petición previa, para que, posteriormente, el técnico o el facultativo puedan seguir fácilmente su trazabilidad a la hora de su análisis.

5.1. Procedimiento del análisis toxicológico.

Una vez que las muestras son recepcionadas, y se les asigna un código de trabajo, el técnico o el facultativo comienza el análisis previo de la muestra (peritaje toxicológico); para ello es necesario saber, qué buscar, dónde y cómo efectuar la búsqueda. El procedimiento a seguir consta de:

- 1. Orientación previa:** consiste en la búsqueda por parte del técnico o facultativo de toda la información posible sobre la muestra a analizar (drogas de abuso, fármacos, compuestos químicos tóxicos, volátiles, acelerantes químicos, etc); dónde estuvo expuesta la muestra, el sujeto, en qué condiciones estuvo o se transportó, etc. (búsqueda toxicológica específica). En el caso de no contar con datos previos, se realiza una búsqueda toxicológica general o "Screening" para detectar un abanico amplio de sustancias tóxicas, siendo una prueba no altamente sensible.
- 2. Pre-tratamiento de las muestras.**
- 3. Extracción/purificación** de las sustancias de interés a analizar.

- 4. Análisis instrumental (Inmunoensayos, ensayos "in situ", en el laboratorio).**
- 5. Técnicas analíticas confirmatorias-Cuantificación** (Cromatografía de gases, espectrometría de masas, etc.).
- 6. Aplicación biotecnológica como alternativa al análisis toxicológico:** empleo de biosensores desechables para la detección y análisis in situ de cualquier sustancia o compuesto tóxico.

5.1.2. Clasificación de los estudios toxicológicos.

La manera de clasificar los análisis toxicológicos que se propone, se ajusta al origen de la muestra a analizar en, estudios toxicológicos de muestras de individuos vivos (intoxicaciones, control del consumo de sustancias prohibidas etc.), y estudios toxicológicos de muestras obtenidas tras la autopsia de un cadáver (tóxicos inorgánicos como el arsénico, gaseosos como el monóxido de carbono, volátiles como el etanol y orgánicos como la cocaína).

El laboratorio de análisis toxicológico que proponemos, realizará análisis toxicológicos limitados a aquellas sustancias de mayor consumo u ocurrencia en nuestra región; tales sustancias con compuestos tóxicos como el cianuro y el arsénico, drogas de abuso (cocaína, cannabis, anfetaminas, drogas de diseño, LSD, etc.), que afectan al Sistema Nervioso Central y cuyo consumo ha aumentado recientemente en Asturias, y de fármacos (antidepresivos, paracetamol, anestésicos, etc.), al poseer una tasa alta de población envejecida y/o enferma, es la razón por la que se propone la ampliación de éste laboratorio, centrado en el análisis de éstas sustancias.

5.1.3. Matrices biológicas.

Las matrices biológicas son los materiales corporales, en los cuales se analiza la presencia o no, de las sustancias tóxicas, farmacéuticas o narcóticas. Las matrices empleadas son la orina, la sangre, y la saliva. Para otras matrices como el pelo, el sudor y forenses como el riñón, el hígado), se solicita análisis externo, enviándolas a otros laboratorios.

5.2. Métodos de análisis toxicológico.

A continuación se procederá a explicar los respectivos métodos de análisis toxicológicos incorporados en nuestro laboratorio, según la matriz biológica a analizar.

5.2.1. Test de orina.

La orina es considerada el fluido biológico por excelencia para el análisis de compuestos tóxicos, drogas de abuso y fármacos, por su elevada disponibilidad, y por la presencia en ella de estas sustancias, en grandes cantidades.

5.2.1.2. Análisis de orina.

Previamente al análisis de orina, ésta, debe de ser recogida, etiquetada y recepcionada bajo supervisión del técnico o facultativo que llevará a cabo el análisis. La tarea inicial consiste en la verificación de la validez de la muestra, en cuanto a su color, determinar, su temperatura, su pH, y su densidad, etc.). Una vez, asegurada su validez, se procede a su almacenamiento y preservación en una cámara frigorífica hasta su posterior análisis.

El primer análisis que se lleva a cabo, una vez recogida la muestra (orina), es el análisis in situ, el cual permite la obtención de un resultado cualitativo inicial (Negativo, o no negativo. Dicho análisis sirve para la detección de sustancias toxicas, drogas y fármacos específicos, en orina, sangre y/o en saliva. El análisis in situ se basa en dos métodos, cualitativos y cuantitativos .Por lo general, en matrices como la orina, bastaría con emplear métodos cualitativos para obtener un resultado positivo, dado que tanto drogas, como fármacos y sustancias toxicas, se encuentran en altas concentraciones. Sin embargo, si se obtuviese un resultado negativo para alguna de estas sustancias, positivo pero con petición de confirmación adicional, o bien en otra matriz como la sangre o saliva, donde la concentración de éstas es baja, se aplica un análisis confirmatorio basado en métodos cuantitativos, capaces de hacer mediciones al límite de detección.

5.2.1.3. Métodos Cualitativos.

Dentro de los métodos cualitativos, contamos con:

1. Método de screening o muestreo inmunológico.

Es un inmunoensayo para la identificación de cualquier sustancia, basándose en la reacción anticuerpo-antígeno, según el cual, la sustancia a analizar, compete por los antígenos (Ag) para unirse a anticuerpos (Ac) específicos. El número de complejos inmunes formados por los anticuerpos y la sustancia a analizar, es un indicador, de la concentración la misma en la muestra (orina, sangre) (S. García-Rodríguez, 2005).

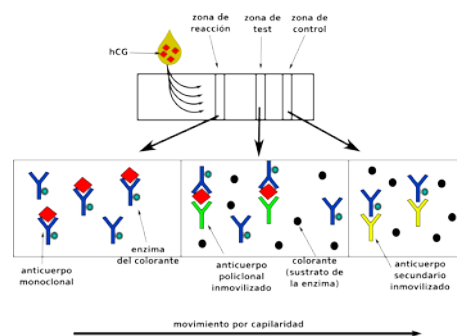


Figura 16. Inmunoensayo.

2. Ensayo ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assay)-VIDAS.



El test VIDAS emplea una tecnología de fluorescencia conocida como ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assay), la cual se basa en un inmunoensayo que tiene lugar en una placa (sándwich), donde se desarrollan todas las etapas del ensayo convencional del ELISA, y finalmente una etapa final de fluorescencia a 450 nm. Convencionalmente, se emplea para la determinación de patógenos y toxinas de los mismos. En nuestro caso, se ha propuesto personalizar el Kit analítico para la detección de sustancias tóxicas en muestras biológicas humanas, o industriales.

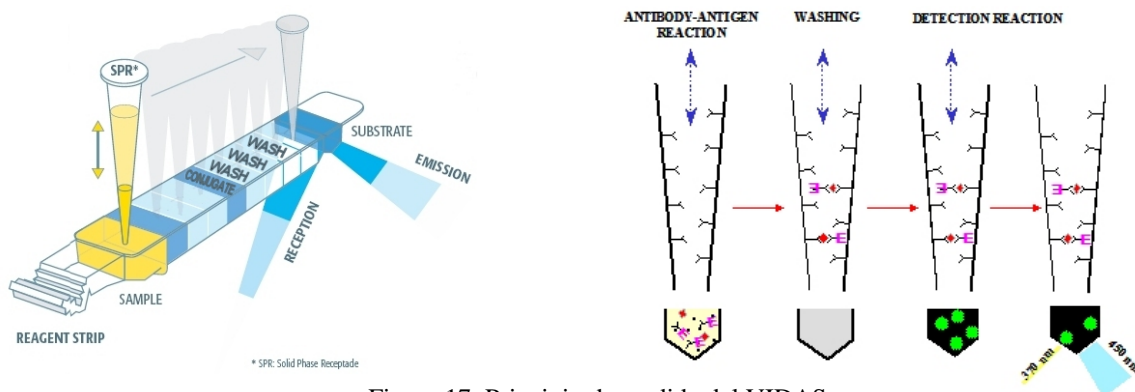


Figura 17. Principio de medida del VIDAS

El dispositivo VIDAS, está conectado a un ordenador, y éste a una base de datos de todas las sustancias tóxicas detectables en muestras biológicas. Para el análisis, contamos con unas pipetas especiales (SPR o Solid Phase Receptacle), que sirven como dispositivo de pipeteo en cada una de las fases del ensayo ELISA, y están recubiertos de anticuerpos (monoclonales o policlonales) específicos de la sustancia, molécula o principio activo a detectar (principio activo de drogas, enzimas, toxinas, etc.). Por ejemplo se podrían diseñar anticuerpos frente al principio activo de la hoja de la coca, la cocaína, en su forma hidróclorada, que se disuelve en agua y se suele suministrar vía venosa o nasal. Por otro lado, como se observa en la figura 17, la tira de reactivos contiene todos los reactivos necesarios para el ensayo: 400 µl del tampón de prelavado (TRIS NaCl Tween y ácida sódica), 400 µl del conjugado, es decir, anticuerpos específicos (monoclonales o policlonales (de cabra, ratón, cordero) de la sustancia a detectar, marcados con fosfatasa alcalina, y 300 µl del 4- metil-umberiferol-fosfato, el cual, si está presente la sustancia a detectar, los anticuerpos se van a separar del enzima, y ésta actuará sobre el sustrato, el 4-metil-umberiferol-fosfato, liberando el fosfato,

emitiéndose fluorescencia, la cual es medida a 450 nm en una cámara óptica y procesada por el programa informático, que al poseer una base de datos con todos las toxinas, drogas, principios activos, pesticidas, fármacos, los coteja para determinar, de cuál de ellos se trata.

3. Inmunocromatografía.

Método basado en la unión competitiva a los Ac específicos, entre la droga presente en la muestra y la existente en la placa (control positivo). Los Ac están situados donde se colocan las gotas de orina y los Ag marcados en el lugar de lectura para cada droga. Si en la orina hay droga se forman complejos Ag-Ac que migran cromatográficamente por capilaridad, sin que el Ac se una al Ag marcado, no observándose una línea roja en la zona correspondiente a la droga en estudio (resultado Positivo). Si no hay droga en la orina el Ac migra por capilaridad y se una al Ag marcado dando una línea roja (Resultado Negativo).

Figura 18. Inmunocromatografía



4. Test de detección de consumo.

El test consta de unas tiras reactivas, para determinar el consumo de varias drogas, empleando anticuerpos selectivos para las distintas drogas y sus metabolitos. Este test analiza una muestra de orina en 5 minutos, detectando con una precisión del 98%, cualquier droga. Consiste en un kit comercial, con tiras para realizar 10 test individuales.

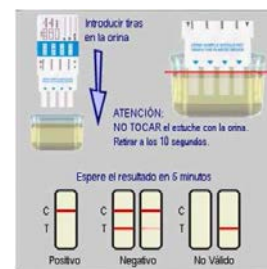


Figura 19. Test de detección de consumo

5.2.1.4. Métodos de análisis confirmatorio basado en test cuantitativos.

Si los resultados obtenidos tras el análisis cualitativo son negativos, o bien positivos pero se desea una confirmación posterior, se realiza, un *test confirmatorio* tanto para drogas, sustancias tóxicas y/o para fármacos. El test confirmatorio se basa en la combinación de dos técnicas acopladas: la cromatografía de gases, para la separación de sustancias (sólidas, líquidas, gaseosas) y la espectrometría de masas, como método de identificación. La cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas es una herramienta eficaz en la mayoría de los laboratorios de toxicología forense, para diferenciar entre un resultado falso positivo y un positivo verdadero, en presencia de cualquier sustancia tóxica o droga de abuso, en el organismo.

Figura 20. Cromatografía gaseosa acoplada con un detector selectivo de masas, detecta la mayoría de las drogas y tóxicos.



5.2.2. Test de Sangre.

La sangre es la matriz biológica más útil para la identificación de drogas en test confirmatorios basados en análisis cuantitativos debido a que en ella, tanto drogas ilícitas, fármacos y sustancias tóxicas, se encuentran en menor concentración que en la orina; de ahí, que los resultados tras el análisis cualitativo inicial (Inmunoensayo) en sangre, sean negativos. La técnica empleada en el test de sangre, es la LC o cromatografía líquida, ya que identifica y cuantifica, al mismo tiempo, diversas sustancias similares (*S. García-Rodríguez, 2005*).

Figura 21. Cromatografía líquida, detecta la mayoría de las drogas y tóxicos en sangre.



5.2.3. Test de saliva.

La saliva es el único fluido corporal que puede sustituir a la sangre como indicador biológico, ya que la concentración de droga en saliva puede aparecer casi en la misma concentración que la droga no fijada en el plasma. El test de la saliva para las drogas de abuso proporciona información tanto cualitativa como cuantitativa de la muestra. Al igual que en sangre y en orina, el análisis cualitativo se realiza por medio de un inmunoensayo; posteriormente, el análisis confirmatorio está basado en técnicas cuantitativas como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas o la cromatografía líquida (*S. García-Rodríguez, 2005*).

5.3. Material de laboratorio.

El laboratorio cuenta con el siguiente equipamiento para llevar a cabo los diferentes análisis toxicológicos:

- ✓ Cromatógrafo en Fase Gaseosa, acoplado a un detector de espectrometría de masas (GC/MS)
- ✓ Cromatógrafo en Fase Líquida, acoplado a un detector de espectrometría de masas (LC/MS).
- ✓ Dispositivo de inmunoanálisis VIDAS.
- ✓ Balanzas, centrífugas, pHmetro, guantes, mascarillas, puntas de pipeta, pipetas, vasos de precipitado, probetas, botellas, tubos de ensayo, destilador de agua, recipientes de vidrio o cristal, gradillas, frascos lavadores, pipetas Pasteur, pipetas de cristal,

matraces, material de pesado, autoclave, microondas, cinta adhesiva, parafilm, papel de aluminio, papel de filtro, imanes, bolsas de plástico, tubos de tapa verde para el análisis de sangre, tubos de tapa roja para el análisis de orina, o esputos, hisopos, desionizador, destilador Agua MiliQ etc.

Además nuestro laboratorio forense lleva a cabo otros análisis de manera rutinaria empleando técnicas de cromatografía de gases, donde la muestra, ya bien sea, orina, sangre o saliva, se introduce en un frasco sellado, se calienta, y se analiza el compuesto tóxico volátil liberado.

Figura 22. Cromatografía de gases para detectar compuestos tóxicos volátiles.



Por otro lado, y bajo petición precisa, se analiza la intoxicación por drogas terapéuticas (medicamentos) mediante técnicas de inmunoensayo (ELISA) y cromatografía de gases y líquida acopladas a espectrometría de masas (GC/MS, LC/MS) para una identificación y análisis previa; se analizan pesticidas por sistemas de extracción líquido-líquido y confirmación por GC/MS, y la inhalación o intoxicación por monóxido de carbono mediante el CO-oxímetro.



Figura 23. CO-oxímetro.

5.4. Biosensor basado en tecnología serigráfica, para la determinación de drogas de abuso en matrices biológicas con mayor precisión.

Todas estas pruebas comentadas hasta ahora, ya se emplean en otros laboratorios de toxicología forense. En el presente trabajo, se pretende reducir tanto el tiempo de análisis, de espera y el procesamiento de los resultados, así como, el coste de todas las pruebas analíticas de laboratorio (cualitativas como los inmunoensayos y de confirmación como las técnicas (GC/MS y LC/MS), de personal y desplazamiento al lugar de los hechos. Es por ello que se propone la incorporación de un dispositivo analítico miniaturizado, un biosensor basado en tecnología de serigrafía analítica, para el análisis in situ de cualquier sustancia tóxica (arsénico, cianuro), o de drogas de abuso, sin tener que recurrir al laboratorio para el posterior análisis de confirmación. Esta reciente y novedosa aplicación biotecnológica se basa en una tecnología consistente en depositar diferentes tintas conductoras sobre la superficie plana del dispositivo, dibujando las diferentes partes del mismo, lo que permite analizar un mayor número de sustancias ilícitas, y o tóxicas. Este biosensor es un dispositivo electroquímico, miniaturizado, y producido en masa, lo que permite conseguir lotes de éstos, a bajo

coste; son fáciles de usar, son portátiles, y desechables, en comparación con otros biosensores para la determinación de drogas como los biosensores amperométricos, voltamperométricos y bifuncionales (piezoeléctrico/amperométrico) y otros métodos de análisis, descritos anteriormente (inmunoensayos, GC/MS, LC/MS). En definitiva, gracias a la tecnología serigráfica (utilización de una variedad de tintas de distintos materiales como carbono, platino, oro, plata para la puesta a punto del dispositivo) sobre la que se basa este biosensor miniaturizado con diferente configuración electrónica, podemos lograr una alta versatilidad, reproducibilidad y sensibilidad en el análisis de distintas drogas dado su excesivo consumo en la actualidad, en muestras biológicas, adulteradas y fármacos.



Figura 24. Biosensor basado en tecnología serigráfica.

En los últimos años, al igual que sucede en otros lugares de España, se modifica, altera o adultera la droga que se comercializa, o bien para obtener mayor cantidad de ella (éxtasis, hachís), o para fabricar droga de peor calidad (menos pura) y más perjudicial (cocaína).

Para la detección de droga adulterada, se plantea el uso de este biosensor serigrafado. Éstos están modificados con bioelementos (enzimas, o anticuerpos), lo que hace que sean más selectivos a la hora de analizar una droga adulterada porque evitan cualquier interferencia de compuestos presentes en la droga modificada.



Figura 25. Lote de 50-75 unidades de biosensores serigrafados de la empresa Dropsens.

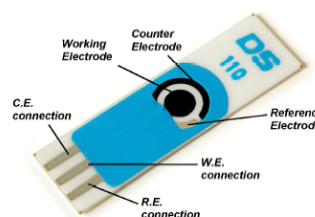


Figura 26. Biosensor serigrafado de 4 mm de diámetro con un electrodo de trabajo y auxiliar de carbono y uno de referencia de plata.

Por último, la gran ventaja que nos proporciona la incorporación de esta herramienta biotecnológica al análisis forense de drogas, es que dado su pequeño tamaño, puede utilizarse en el análisis “in situ”, donde los dispositivos y los aparatos necesarios para el análisis cualitativo y cuantitativo, no pueden transportarse del laboratorio al lugar de los hechos, para la determinación y cuantificación del compuesto de interés.

5.5. Biosensor basado en tecnología serigráfica, para la determinación de sustancias tóxicas en matrices biológicas con mayor precisión.

La presencia y el incremento de la actividad industrial en Asturias, genera una gran cantidad compuestos tóxicos como el arsénico, cianuro, acelerantes químicos de la combustión, formaldehído, los cuales pueden aparecer en el lugar de un crimen, o en el cuerpo de la víctima; esto suscita el interés en aprovechar las propiedades de los biosensores serigrafados empleados en la detección de drogas de abuso, para la detección de compuestos tóxicos o químicos por el laboratorio de toxicología forense de la Comisaría de Policía Científica de Oviedo. Nuevamente se trata de un biosensor electroquímico de bajo coste, miniaturizado, portable, altamente sensible y reproducible, basado en la tecnología de la serigrafía analítica para su puesta a punto, alta capacidad de detección y su capacidad innata de poder ser modificado por un material biológico (enzimas, anticuerpos) de forma que adquiere mayor selectividad por el compuesto a detectar.

Sin embargo, también contaremos con una refinanciación de capital privado de empresas del sector agroalimentario y farmacéutico para el control de calidad de sus productos ya que este dispositivo electroquímico se podría emplear en la detección rápida y sencilla de compuestos tóxicos en la industria. En Asturias hay diversas empresas agroalimentarias, farmacéuticas y/o de cosmética, siendo fundamental el asegurar el control de calidad durante la fase de producción, preservando así la salud humana; de ahí que contaremos con el análisis periódico de productos de las citadas empresas, para la detección de la presencia o no de cualquier sustancia tóxica.

Entre las sustancias tóxicas a analizar en muestras de interés forense bajo petición por la policía judicial para la resolución de un caso, se encuentra el arsénico III y V, el cianuro, el formaldehído, acelerantes de la combustión etc. Para la industria, la microtoxina de hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium*, la Ocratoxina A, y el ácido glucónico, serían las dos sustancias a buscar. En ambos casos se emplea el biosensor basado en la tecnología serigráfica para la detección simultánea del arsénico en los estados de valencia III y V, o bien, se modifica biológicamente con enzimas (por ejemplo con la alcohol oxidasa para determinar formaldehído o con la gluconato deshidrogenasa para determinar ácido glucónico), microorganismos (para la detección de gluconato), y anticuerpos (detección de metales pesados, venenos inorgánicos y orgánicos, principio activo de algún fármaco etc.).

6. RESULTADOS.

6.1. Organización física del laboratorio.

6.2. Propuesta de presupuesto.

6.1.1. Localización.

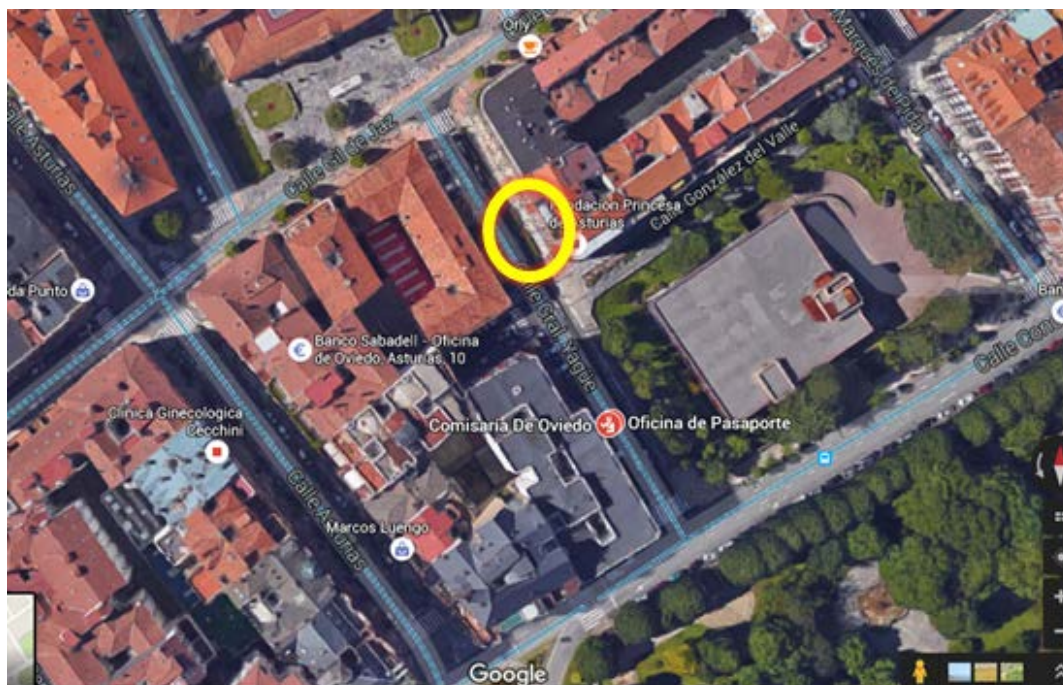


Figura 27. Localización del nuevo laboratorio de toxicología de la Policía Científica de Oviedo.

El laboratorio que se propone diseñar va a estar situado en un edificio anexo pero independiente de las dependencias de la brigada de Policía Científica de Oviedo, donde se encuentra el laboratorio de Biología y ADN, criminalística, documentocopia, etc. Dichas instalaciones estarán localizadas en el centro de Oviedo, enfrente del Hotel de la Reconquista, a 3 minutos andando de la Calle Uría; justo enfrente de la actual Comisaria de Policía Nacional. Se propone el alquiler de una planta completa de un edificio en la Calle General Yagüe, para nuestro laboratorio.

Figura 28. Imagen del edificio donde estará situado el laboratorio. La 1ª planta completa albergará la ampliación del laboratorio químico-toxicológico.



El edificio cuenta con un garaje propio, para el acceso de las muestras o material de laboratorio transportadas por mensajería privada por carretera. El acceso al garaje y al edificio tanto a pie como en coche, es cómodo y su localización es sencilla. Como se

observa en la figura 28, el laboratorio estará situado justo en la primera planta del edificio.

6.1.2. Diseño interior del laboratorio.

El laboratorio dispondrá de una superficie aproximadamente de unos 230 m². Una única planta dividida en varias áreas de trabajo.

La estructura del laboratorio de química-toxicología se dispone en áreas separadas para garantizar la seguridad y custodia de las muestras, evitando contaminación de las mismas, protegiendo al personal respetando las medidas de seguridad en el laboratorio y facilitando la distribución de todos los procesos necesarios para la realización de las pruebas químico-toxicológicas de esas muestras según la solicitud recibida por una empresa privada, o por la propia policía Judicial.

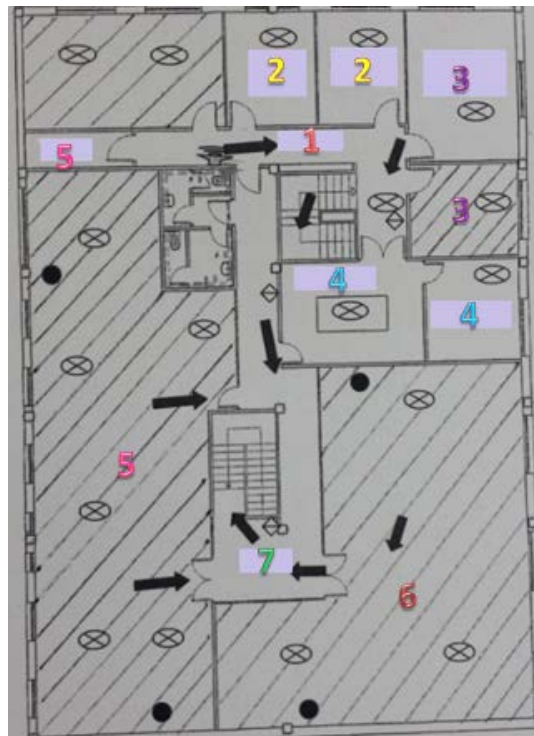


Figura 29. Esquema de la hipotética estructura interior del laboratorio de química-toxicología.

6.1.3. Áreas de trabajo.

El laboratorio de química-toxicología cuenta con diferentes áreas y secciones para el análisis y las investigaciones, para las cuales ha sido diseñado. Acorde al esquema de la figura 29, el laboratorio se compone de:

1. Área de recepción de muestras. Recepción y etiquetado de las mismas para su posterior almacenamiento y análisis.
2. Área de preparación de reactivos, limpieza de material.
3. Área de almacén de muestras y reactivos, tanto a temperatura ambiente como en cámaras de refrigeración y/o de congelación.
4. Área de despachos, sala de reuniones y cuarto de descanso para que el personal pueda almorzar.
5. Área investigación de muestras biológicas, tóxicas, y muestras de la industria agroalimentaria.
 - ✓ Laboratorio de procesamiento inicial de muestras biológicas
 - Zona de tratamiento inicial de la muestra.
 - Zona de extracción.

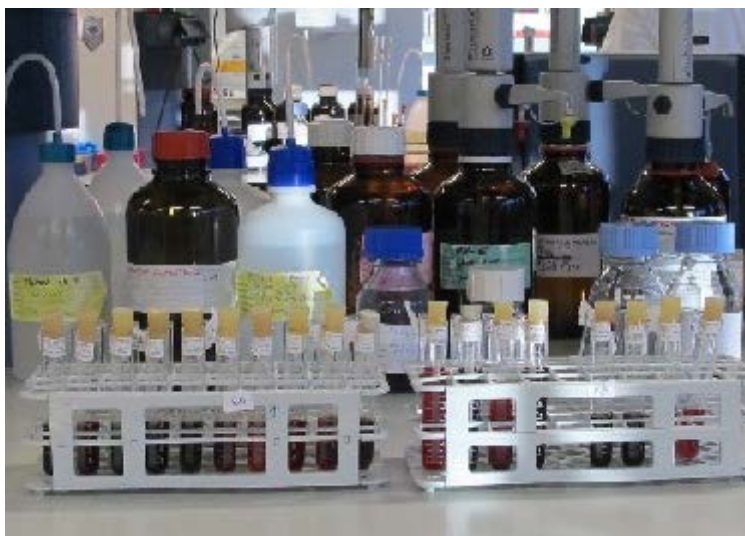
- Zona de análisis cualitativos (inmunoensayo).
- ✓ Laboratorio de análisis muestras biológicas (análisis cuantitativos-confirmatorios).
- Zona cromatografía
 - Zona espectrofotometría
6. Área de aplicaciones biotecnológicas. Empleo de biosensor serigrafiado para la detección de drogas y compuestos tóxicos. Comercializado de la empresa Dropsens.
7. Acceso al garaje.



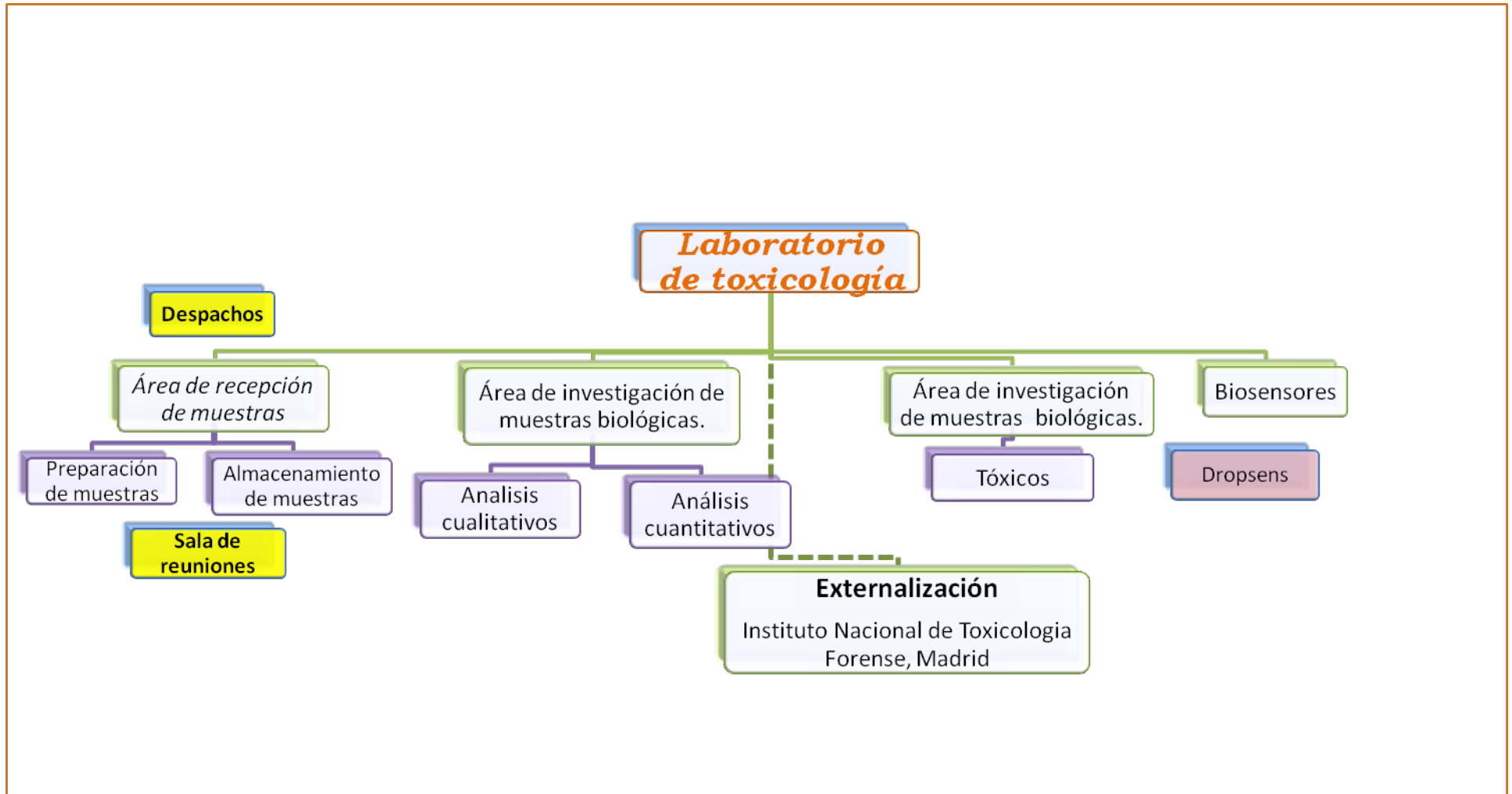
Un aspecto fundamental del funcionamiento de nuestro laboratorio es la colaboración con otros laboratorios especializados en la investigación análisis forense, especialmente en Madrid, con el Instituto Nacional de Toxicología Forense, para la externalización de determinados análisis, que por circunstancias, principalmente económicas, pero también, de volumen de muestras, no compensa realizarlas en nuestro laboratorio, por esta razón, se propone un laboratorio especializado en el análisis de determinadas muestras biológicas, en la búsqueda de sustancias concretas, en nuestro caso, drogas y fármacos de abuso, y sustancias tóxicas como el monóxido de carbono, el cianuro y el arsénico, tanto por metodologías habituales en otros laboratorios, como por medio de dispositivos analíticos miniaturizados basados en tecnología serigráfica, la cual mejora su puesta a punto y funcionamiento. Además se propone, el uso de estos, para la determinación y cuantificación de parámetros de contaminación de muestras medioambientales procedentes de empresas privadas del sector agroalimentario y farmacéutico, para investigar posibles delitos contra el medio ambiente, la salud humana y los recursos naturales; muestras de contaminantes prioritarios como el arsénico, cianuro, formaldehído; muestras con sospecha de presencia de venenos químicos o biológicos y muestras de incendios para investigar acelerantes de la combustión. La aplicación de un biosensor para determinar la presencia o no de acelerantes de combustión in situ, permite evitar la laboriosa función de adiestramiento de animales (perros D.A.F.), para la detección de los mismos, lo que reduce los costes, de personal cualificado para el adiestramiento, la comida, y mantenimiento de los mismos.

Para la externalización de muestras para su análisis o estudio posterior, se propone contratar una empresa de transporte, como MRW, TNT o SEUR, encargadas de su envío, asegurando el mantenimiento y preservación de las mismas siguiendo las estándares y normas de calidad y viabilidad de las mismas: Tª, humedad, condiciones de uso y manejo, embalaje, etiquetado etc.

La determinación de nitratos, fluoruros, la DQO, DBO5, metales pesados diferentes al arsénico como el boro, el cadmio, cobre, magnesio, estudios sobre la cantidad total de carbono, de nitrógeno, estudios de conductividad de sustancias por técnicas electroquímicas, etc., son algunos ejemplos de análisis a los que se recurre de manera externa al laboratorio. Es por eso, que la cooperación y colaboración entre laboratorios es fundamental. Lo mismo sucede con los tipos de muestras; cabello, sudor, lagrimas, bilis, vísceras, sustancias de origen vegetal, sellos, líquidos, tierras, muestras de aguas residuales etc., son externalizadas para su análisis.



6.1.4. Organigrama del laboratorio de toxicología forense.



6.2. Propuesta de presupuesto.

1. Personal del laboratorio de toxicología.

El personal del laboratorio está compuesto por personal administrativo (2 personas), técnicos de laboratorio especialista en análisis químico-toxicológico forense (8 personas), ayudantes de laboratorio (2 personas) y por facultativos en ramas de biología, biotecnología, química, ingeniería química, forestal, e informática (9 personas). Además un responsable de laboratorio o jefe de servicio, bajo quien recae la responsabilidad de la dirección y control de todas las labores y actividades realizadas en el laboratorio. En nuestro caso, uno de los facultativos realizará tal función.

II. Competencias por área de trabajo.

- ❖ ***Personal administrativo:*** el personal administrativo desempeña las labores de la recogida, recepción y etiquetado de las muestras que llegan a nuestro laboratorio, del tratamiento de solicitudes y o peticiones por parte de miembros del CNP (policía judicial), del propio jefe de servicio del área de toxicología forense, de particulares que demanden las actividades realizadas en el laboratorio, la elaboración y emisión de informes y los resultados a la persona u organismo correspondiente (miembros del CNP, empresas privadas, Ministerio del Interior, o a la Jefatura Superior de Policía etc.). Son 2 personas físicas. Una de ellas en turno de mañana y otra de tarde.
- ❖ ***Ayudantes de laboratorio:*** asistencia técnica a los técnicos de laboratorio, colaboración en la recogida, procesado de las muestras, en la devolución de las mismas, en la limpieza del laboratorio, en la solicitud de material a casas comerciales, en la limpieza y mantenimiento de equipos etc. son 2 personas, una en el turno de mañana y otra en el de tarde.
- ❖ ***Técnicos de laboratorio:*** se encargan de la recepción de la muestra una vez lo ha sido por parte del personal administrativo. Desarrollan las diferentes pruebas analíticas junto con los facultativos para la determinación y cuantificación de sustancias tóxicas, drogas, por los procedimientos descritos anteriormente. Además se encargan de la solicitud de material de laboratorio, reactivos, del control y mantenimiento de equipos, del asesoramiento conjunto con los facultativos, del control del estado del envío o recepción de muestras admitidas por el laboratorio o enviadas a otros, de advertir al personal administrativo de cualquier hallazgo importante, para que éstos, posteriormente, lo comuniquen a la persona u organismo

oportuno y también, se encargan, de la puesta a punto de equipos y materiales y reactivos. Son 8 personas que trabajan a turnos; 4 por la mañana, otros 3 por la tarde y 1 por la noche.

- ❖ *Facultativos*. Contaremos con 2 licenciados en biología, 1 en biotecnología, 3 en química, 1 en Ingeniería química, 1 en Ingeniería forestal, y 1 informático. El informático se encarga de la puesta a punto de los respectivos ordenadores, de la actualización de los equipos y de la base de datos de los resultados obtenidos, actualización de software de los aparatos etc. Los licenciados en las diferentes ramas científicas colaboran y cooperan conjuntamente y junto a los técnicos en el desarrollo de las diferentes pruebas llevadas a cabo en nuestro laboratorio para la determinación de sustancias tóxicas, drogas etc.

III. Salario del personal de laboratorio.

- ❖ Personal administrativo: 1150 €brutos/mes.
- ❖ Jefe de Servicio: 2230 €brutos/mes.
- ❖ Ayudantes de laboratorio: 840 €brutos/mes.
- ❖ Técnicos de laboratorio: 1290 €brutos/mes.
- ❖ Facultativos: entre 1500 y 2000 €brutos/mes.

IV. ¿De dónde procede el capital para la puesta en marcha del laboratorio?

Todo el personal del laboratorio forma parte del Ministerio del Interior, quien subvenciona el capital necesario para los respectivos salarios, para la compra de reactivos, productos químicos, kits comerciales (Biomèriux, Eppendor, Chemlabor, Asturlab, Dropsens), para los equipos, la puesta en marcha del laboratorio, su mantenimiento, el alquiler del edificio, el agua (Aqualia), gas y luz (EDP), internet (Telecable), suscripción a programas informáticos y revistas científicas, gastos de transporte de muestras (empresas TNT, SEUR y MRW) , material de oficina y de laboratorio (Chemlabor, Eppendorf, Asturlab, Biomèriux), servicio de limpieza por la empresa Lacera, y de recogida de muestras de riesgo biológico y peligroso por la empresa COGERSA.

V. Volumen de uso (carga de trabajo).

El volumen de muestras recibidas, analizadas y procesadas al día, varía en función de varios factores: por un lado de la urgencia de la obtención de resultados, por la autoridad solicitante (policías nacionales) o empresa privada (farmacéutica, agroalimentaria), el tiempo de espera para la obtención de resultados, puesto que por

ejemplo, hay pruebas de análisis de drogas y fármacos de abuso, que duran días, dado su prevalencia en sangre u orina, por el personal disponible según el momento del día, y por la cantidad de trabajo atrasada que haya.

El número de pruebas realizadas, como se ha indicado en otros apartados, consiste en un análisis toxicológico cualitativo, empleando técnicas de inmunoensayo (ELFA-VIDAS), inmunocromatografía, test de consumo, y un análisis toxicológico cuantitativo, basado en las técnicas de GC/MS y o LC/MS. Como alternativa se propone, el uso de los biosensores serigrafiado, que gracias a su portabilidad, se pueden analizar in situ, siendo más rápido el análisis, obteniéndose resultados en mejor tiempo.

Por lo general se estimará un análisis de unas 300 muestras/día de orina, unas 500 de sangre, 50-100 de sudor, donde se someterán a técnicas de análisis químico-toxicológico, para detectar la presencia o ausencia del consumo de drogas, fármacos y compuestos tóxicos. Se analizaran esporádicamente muestras físicas como materiales, objetos encontrados en el lugar de incendios, para analizarlo, en búsqueda de indicios de acelerantes de combustión, lo que determinaría si fue o no provocado.

El coste por prueba aproximadamente variará entre 30-100€ dependiendo qué haya que buscar (drogas, fármacos), el número de análisis de confirmación, si ha de enviarse a otro laboratorio toxicológico forense (externalización) o solicitar colaboración con otros laboratorios químicos, si hay que hacer un estudio o seguimiento de una muestra o sujeto, etc. el coste no se verá incrementado si se desea emplear métodos de análisis confirmatorios mas rápidos y eficaces, como el empleo de biosensores serigrafiados de Carbono u Oro. El coste de estos kits no resulta encarecedor, puesto que son kits de unos 50-75 unidades de dispositivos analíticos desechables, los cuales son capaces a pequeña escala de realizar análisis de determinación y cuantificación de sustancias toxicas y o drogas con la misma o mayor reproducibilidad y sensibilidad que las metodologías complejas de CG/MS, LC/MS.

Por otro lado, contaremos con un volumen de muestras de entre 100-400 mensuales, procedentes de empresas asturianas privadas, del sector agroalimentario, ambiental, farmacéutico, para el análisis de sustancias nocivas, tóxicas que puedan afectar a la calidad, sabor, viabilidad de sus productos o procesos. El coste de estas pruebas rondará los 40-60 euros. De esta manera, el laboratorio se refinanciará con capital privado.

VI. Valoración de costes y volumen de trabajo.

El coste de todas estas pruebas se considera aceptable, al tratarse de evaluar un potencial riesgo para la salud humana y ambiental, la presencia de sustancias tóxicas o bien la detección de consumo de drogas por un individuo; por un lado por ser un delito, y por contribuir a poner en riesgo la salud humana.

Además, el volumen de uso, a priori, entra dentro del rendimiento habitual de cualquier otro laboratorio con estas características. Se ajusta al nivel de personal y de recursos físicos, materiales y económicos.

VII. Socios y colaboraciones.

Nuestro laboratorio seguirá colaborando con otros laboratorios criminalísticos de España, con el Instituto Nacional de Toxicología Forense, con la INTERPOL, con la Guardia Civil, Policía Local, Bomberos, con la Universidad de Oviedo, con laboratorios privados de química y toxicología, de control de calidad como, Conycal, Eurolab, Inoqua, Alce, con el Centro Europeo de Empresas e Innovación, (CEEI), y con el Ministerio del Interior, del Medio Ambiente y de Agricultura.

VIII. Recursos clave del laboratorio de toxicología.

❖ Recursos físicos: el laboratorio.

El componente fundamental del laboratorio son las instalaciones, el edificio donde se alberga. Cuenta con una superficie de unos 230m², el cual será alquilado. El coste del alquiler será de unos 2000 euros/mes. Por otro lado, el coste del agua, incluyendo la cuota fija, la cuota variable según el consumo, la de abastecimiento, saneamiento y mantenimiento es de 0,650 €/L/día. Así mismo, la factura del gas y luz anual será de unos 13500 €. La de teléfono e internet con Telecable, rondará los 130 €/mes con conexión de alta velocidad.



❖ Costes del material y equipamiento del laboratorio.

En la siguiente tabla, se resume, tanto la inversión inicial, como los costes fijos y variables, y los imprevistos asociados al diseño y puesta en marcha del laboratorio.

Concepto	Cantidad	Inversión inicial	Coste Fijo €/anual	Coste Variable €/anual	
Alquiler instalaciones	1		27.120		
Diseño, reforma	1	15.000			
Agua	1		24.637		
Luz y gas	1		13.500		
Internet	1		1.560		
Personal (salarios)	20		318.960		
Servicio de Limpieza	1		6.720		
Servicio de transporte de muestras	1		17.488		
Recogida material biológico	1		16.464		
Material de laboratorio*	1			163.200	
Dispositivos analíticos**	11	28.800			
Biosensores (volumen de Kits)	60			8640	
Reactivos***	20			14.379	
Cabina de seguridad biológica	2	12.000			
Cámaras frigoríficas	2	37.944			
Sistema informático	1	3.000			
Productos de limpieza	1			25.200	
Imprevistos	1				5.000
Total		96.744	426.499	215.419	743.662

*: Guantes, mascarillas, puntas de pipeta, pipetas, vasos de precipitado, probetas, botellas, tubos de ensayo, recipientes de vidrio o cristal, gradillas, frascos lavadores, pipetas Pasteur, matraces, material de pesado, cinta adhesiva, parafilm, papel de aluminio, bolsas de plástico, tubos de tapa verde para el análisis de sangre, tubos de tapa roja para el análisis de orina, o esputos, hisopos, etc.

** : Dispositivos analíticos (equipos del laboratorio): Cromatógrafo de gases, cromatógrafo de líquidos, asociados a espectrometría de masas (GC/MS, LC/MS), Dispositivo de inmunoanálisis VIDAS, Balanzas, centrífugas, pHmetro., destilador de agua, desionizador, destilador Agua MiliQ, autoclave, microondas.

***: Volumen de reactivos empleado.

Para montar este laboratorio de toxicología, la inversión necesaria para el primer año sería de 743.662 € aproximadamente incluyendo 5.000€ euros de imprevistos, 96.744 € de inversión inicial para la compra equipos y la reforma previa de las instalaciones, 426.499€ de costes fijos al año como personal, luz, agua, gas, el alquiler

de las instalaciones etc.; y 215.419 € de costes variables como el volumen de reactivos, y Kits comerciales, etc. Por otro lado, habría que tener en cuenta los ingresos por parte del sector privado para el análisis de muestras en nuestro laboratorio. Suponiendo llevar a cabo 1 análisis por muestra, que dicho análisis cueste 50 euros, analizando 400 muestras mensuales, tendríamos un ingreso de 20.000€ en 12 meses 240.000€ aproximadamente.

7. DISCUSIÓN.

En la sociedad actual, el abuso de las drogas y los medicamentos está en un incesante aumento. Las pruebas analíticas, son importantes al proporcionar límites claros a los consumidores de las diferentes drogas mediante el uso de sanciones. Junto con los complejos métodos analíticos desarrollados en cualquier laboratorio de química toxicología como la CG/MS, o la LC/MS, existen técnicas analíticas fáciles de usar, que producen resultados rápidos y son especialmente útiles para el ensayo in-situ.

La ampliación del laboratorio de toxicología forense en materia de análisis de drogas y sustancias tóxicas, supone una gran ventaja a la región de Asturias. Por un lado facilitara aportar resultados en menos tiempo, que si se tuvieran que externalizar todas las pruebas y enviar las muestras a Madrid. El empleo de biosensores como hemos visto, proporciona rapidez, sensibilidad, reproducibilidad, especificidad, ahorro de tiempo y dinero en el análisis de muestras. Su capacidad de ser modificados o bien acoplándoles alguna molécula biológica, o recubiertos con diferentes sustratos conductores (materiales serigráficos como el oro, carbono, platino) abre su posibilidad de adaptarse a analizar distintas sustancias, compuestos tóxicos, drogas etc.

De esta manera, la brigada de la Comisaria de Policía Científica de Oviedo, se ve reforzada, con la ampliación del laboratorio de toxicología, y además, gracias a la biotecnología, logrará escalar puntos, en la mejora del análisis y la resolución de cualquier suceso delictivo, en el que estén involucradas, el consumo de drogas y o la presencia de compuestos tóxicos. Sin embargo, no deja de ser una propuesta a escala pequeña, para dar cobertura, una provincia de poco más de un millón de habitantes; de ahí que los recursos económicos y personales, para el diseño de un gran laboratorio como el Instituto Nacional de Toxicología Forense, no sean los suficientes.

8. CONCLUSIONES

- ✓ El aumento en el consumo de drogas de abuso en Asturias en los últimos años, ha suscitado el diseño y la ampliación del Laboratorio Químico-Toxicológico.
- ✓ Su ampliación y descentralización permite analizar un mayor volumen de muestras.
- ✓ El hecho de ser Asturias, una región industrial y con una prevalencia alta de incendios y de consumo de drogas de abuso, es la razón de por qué ampliar el Laboratorio de Química-Toxicología y no otra.
- ✓ Los biosensores, son dispositivos analíticos miniaturizados, capaces de analizar y detectar "in situ", cualquier compuesto tóxico o droga en menos tiempo que los métodos analíticos basados en técnicas cualitativas y cuantitativas (inmunoensayos y cromatografía de gases-espectrometría de masas).
- ✓ Además, el uso de biosensores evita la laboriosa función de adiestramiento de animales (perros D.A.F.) en la detección de acelerantes de la combustión.
- ✓ Esta reciente y novedosa aplicación biotecnológica se basa en la tecnología serigráfica, consistente en depositar diferentes tintas conductoras sobre el dispositivo, lo que le permite analizar sustancias tóxicas en matrices biológicas con mayor precisión como arsénico III y V, el cianuro, formaldehído, y acelerantes de la combustión.
- ✓ Su pequeño tamaño, les permite ser empleados en el análisis "in situ", donde los dispositivos y aparatos de análisis cualitativo y cuantitativo, no pueden transportarse del laboratorio al lugar de los hechos.
- ✓ La tecnología serigráfica y la modificación del biosensor con elementos biológicos, le hace selectivo en la detección simultánea de arsénico III y V, droga adulterada, formaldehído, ácido glucónico, metales pesados, venenos inorgánicos y orgánicos, etc.
- ✓ Lo fundamental del funcionamiento de nuestro laboratorio es la colaboración con otros laboratorios especializados en la investigación análisis forense, especialmente con el Instituto Nacional de Toxicología Forense (externalización de análisis y muestras).

9. REFERENCIAS

- Lecina Calvo, M. (1998). «Pequeña historia de la Policía Científica en España», *Ciencia Policial*, 41: 7-42.
- Antón Barberá, Francisco de, Luis y Turégano, Juan Vicente de (2004). *Policía científica*. 4ª ed. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Antón Barberá, F. de, y Luis y Turégano, J. V. de (1993). *Policía científica*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Soriano Otero, M., J., Santano, Angel, M., López-Vázquez, J., F., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Historia de la Policía Científica*: 11-39.
- Redomero, G., E., Hurtado, H., L., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, La identificación lofoscópica*: 39-71.
- Villarreal, B., G., San Román Rodríguez, A., J., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Inspección Ocular*: 71-96.
- Calama, M., A., Fulguera-Reñones, F., J., Zamora-Polvorosa, V., J., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Imagen Forense*: 96-122.
- Mohedano-Moriano, A., Gisbert, P, G., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Documentoscopia*: 123-142.
- Olivares-Busta, A., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Balística Forense*: 143-166.
- Pérez, R., F., Álvarez, G., P., Rodríguez, P., D., Hernández-Ruiz, A., Matea-Rica, M., García-Vega, A., Gutiérrez-Sánchez, A., Martínez-Herrera, J., García-Hernández, A., Domínguez-Peña, B., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Laboratorio de Química*: 167-202.
- Solla, Prieto, L., Ortega, Solís, C., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, El laboratorio de ADN*: 203-224.
- Romero, Delgado, C., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Acústica Forense*: 225-240.
- Enciso, Celorrio, F., Olmo, Galera, V., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Antropología Forense*: 241-258.
- Gambín, García Rojo, A., 2010 "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Entomología Forense*: 259-274.

- Vega, Llorente, M., J., 2010, "100 años de Ciencia al Servicio de la Justicia". *Manual de la Policía Científica, Informática Forense*: 275-302.
- Champod, C., y Evett, I. W. (2001). «A probabilistic approach to fingerprint evidence», *Journal of Forensic Identification*, 51: 101-122.
- Zamir, C., y Geller, B. (2000). «Threat mail and forensic science: DNA profiling from items of evidence after treatment with DFO», *Journal of Forensic Science*, 45 (2): 445-446.
- Antón Barberá, F. de, y Luis y Turégano, J. V. de (1993). *Policía científica*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Ashbaugh, D. (1991). «Ridgeology», *Journal of Forensic Identification*, 41 (1): 16-64.
- IEEGFI-II (2004). *Method for fingerprint identification*. Lyon: Interpol European Expert Group on Fingerprint Identification II.
- Stoney, D., y Thornton, J. (1986). «A critical analysis of quantitative fingerprint individuality models», *Journal of Forensic Science*, 31 (4): 1187–1216.
- Jeffreys, A., Wilson, V., y Thein, S. (1985). «Individual-specific 'fingerprints' of human DNA», *Nature*, 316 (6023): 76–79.
- Yáñez-Sedeño, P., Agüí, L., Villalonga, R., Pingarrón, M., J., 2014, "Biosensors in forensic analysis". A review. *University Complutense, Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry. Analytica Chimica Acta* 823 (2014) 1–19.
- Chuang, M.C., Windmiller, J.R., Santhosh, P., Valdés Ramírez, G., Katz, E., Wang, J., "High-fidelity determination of security threats via a Boolean biocatalytic cascade". *Chem Commun (Camb)*. 2011 Mar 21; 47(11):3087-9. doi: 10.1039/c0cc05716a. Epub 2011 Feb 11.
- S. García-Rodríguez, S.; Giménez, M.P, *Recursos humanos e instrumentales en un laboratorio toxicológico forense*. *Revista de Toxicología*, vol. 22, núm. Su1, 2005, pp. 1-11, ISSN: 0212-7113, Asociación Española de Toxicología, Pamplona, España.