



Carmen García Ruiz

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA FORENSE

UB
BOSCH EDITOR

La Química Forense, como la ciencia en general, se basa en el método científico, cuya piedra angular es la observación y la conjetura de hipótesis. Este texto comienza con la definición de conceptos básicos para luego aportar conocimientos sobre las etapas pre-analíticas, analíticas y de interpretación de la información obtenida. Tras estos temas iniciales, se tratan las sustancias controladas y la toxicología forense como muestras físicas o biológicas. Mientras que la determinación de sustancias psicoactivas y sus metabolitos se realiza mediante análisis cualitativos y cuantitativos, el examen de restos de explosivos o incendios, de trazas materiales (fibras, pinturas, vidrios, suelos) y documentos requiere, predominantemente, la obtención de información cualitativa y comparativa. Por ello, después se abordan los temas de incendios, explosivos y residuos de disparo, temáticas interrelacionadas conceptualmente. El tema de incendios cuenta con la valiosa participación de la empresa *IST – Investigation Service Technologies* que ha aportado múltiples fotografías de once casos reales y su interpretación. Seguidamente se describen ciertos aspectos químico-forenses para el examen de trazas materiales como las fibras, las pinturas, los vidrios y los suelos y, finalmente, el análisis de tintas y papel en documentos cuestionados. En el último tema se reflexiona sobre la transdisciplinariedad implícita en la Química Forense y describe dos temáticas actuales donde es necesario ir más allá del examen, análisis e interpretación de los resultados analíticos. Estas temáticas transdisciplinarias persiguen un desarrollo sostenible aumentando la paz y seguridad ciudadana.

Carmen García Ruiz

Introducción a la
**Química
Forense**

Barcelona
2020



BOSCH EDITOR

© NOVIEMBRE 2020 CARMEN GARCÍA RUIZ

© NOVIEMBRE 2020



Librería Bosch, S.L.

<http://www.jmboscheditor.com>

<http://www.libreriabosch.com>

E-mail: editorial@jmboscheditor.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 45).

ISBN: 978-84-122429-8-0

D.L.: B 19252-2020

Diseño portada y maquetación: CRISTINA PAYÁ  +34 672 661 611

Printed in Spain – Impreso en España

Índice

Presentación	13
Dedicatoria y agradecimientos	17
TEMA 1	
ASPECTOS GENERALES DE LA QUÍMICA FORENSE	21
Cuestiones para una clase invertida	23
1.1 Ciencias Forenses y Criminalística	25
1.2 Principio de Locard y proceso científico-forense	26
1.3 Química Forense	28
1.4 Química Forense en España, Europa y América. Redes y grupos de trabajo ..	32
1.5 Vestigios de interés químico-forense: clasificación	34
1.6 Aseguramiento de la calidad en Química Forense	34
1.7 Inteligencia Forense en Química Forense	38
Resumen	40
Ejercicios para comprobar lo aprendido	41
Preguntas para pensar	42
Bibliografía	44
TEMA 2	
ETAPAS PRE-ANALÍTICAS QUÍMICO-FORENSES	47
Cuestiones para una clase invertida	49
2.1 Etapas de un análisis químico-forense	51
2.2 Recogida y remisión de muestras objeto de análisis químico-forense	52
2.3 Fase pre-analítica o de tratamiento de muestras	61
Resumen	67
Ejercicios para comprobar lo aprendido	67
Preguntas para pensar	69
Bibliografía	70

TEMA 3

ANÁLISIS QUÍMICO-FORENSE	73
Cuestiones para una clase invertida.....	75
3.1 Técnicas de análisis de interés químico-forense: clasificaciones	77
3.2 Principios generales e instrumentación básica de las técnicas de análisis de interés químico-forense.....	78
3.2.1. Técnicas microscópicas.....	79
3.2.2. Técnicas espectrométricas.....	84
3.2.3. Técnicas separativas	100
Resumen.....	119
Ejercicios para comprobar lo aprendido	119
Preguntas para pensar	122
Bibliografía.....	122

TEMA 4

TRATAMIENTO DE DATOS QUÍMICO-FORENSES.....	125
Cuestiones para una clase invertida.....	127
4.1 Información químico-forense	129
4.2 Trazabilidad y exactitud.....	132
4.3 Trazabilidad de una medida instrumental.....	134
4.4 Incertidumbre y variabilidad.....	136
4.5 Incertidumbre de una medida: un ejemplo práctico	138
4.6 Medida de la exactitud y precisión de un método de análisis	147
4.7 Introducción a la Quimiometría	159
4.8 Análisis quimiométrico químico-forense: ejemplos prácticos	161
4.9 Importancia de la quimiometría en el informe pericial.....	174
Resumen.....	178
Ejercicios para comprobar lo aprendido	179
Preguntas para pensar	182
Bibliografía.....	183

TEMA 5

SUSTANCIAS PSICOACTIVAS.....	185
Cuestiones para una clase invertida.....	187
5.1 Hitos históricos en el control de sustancias	189

5.2 Sustancias controladas: normativas y listas de control	191
5.3 Nuevas sustancias psicoactivas.....	193
5.4 Concepto de droga: clasificaciones	195
5.5 Laboratorios clandestinos de drogas.....	202
5.6 Análisis de drogas incautadas	206
5.7 Análisis de nuevas drogas sintéticas.....	217
5.8 Análisis de drogas quirales.....	219
Resumen	223
Ejercicios para comprobar lo aprendido	224
Preguntas para pensar	225
Bibliografía.....	226

TEMA 6

TOXICOLOGÍA FORENSE	229
Cuestiones para una clase invertida.....	231
6.1 Toxicología forense.....	233
6.2 Muestras toxicológicas.....	240
6.3 Análisis de drogas en muestras toxicológicas	247
6.4 Análisis de muestras <i>post mortem</i>	253
6.5 Análisis de muestras de cabello.....	255
6.6 Análisis de muestras de delitos facilitados por drogas.....	258
6.7 Análisis toxicológico de alcohol	261
6.8 Análisis toxicológico de monóxido de carbono.....	265
Resumen	267
Ejercicios para comprobar lo aprendido	268
Preguntas para pensar	268
Bibliografía.....	269

TEMA 7

INCENDIOS	271
Cuestiones para una clase invertida.....	273
7.1 Incendios: conceptos generales	275
7.2 Tipos de incendios.....	292
7.3 Desarrollo de un incendio.....	295
7.4 Acelerantes de la combustión	300

7.5 Investigación de un incendio y análisis de sus restos	301
7.6 Artefactos incendiarios improvisados y análisis de sus restos	309
7.7 Investigación del origen de un incendio: marcas de fuego	313
7.8 Investigación de incendios como especialización profesional	315
Resumen	317
Ejercicios para comprobar lo aprendido	319
Recopilación de siniestros investigados por <i>IST-Investigation Service Technologies</i>	321
Bibliografía	347

TEMA 8

EXPLOSIVOS	351
Cuestiones para una clase invertida	353
8.1 Explosivos y explosiones	355
8.2 Clasificaciones de explosivos	357
8.3 Análisis de explosivos intactos	374
8.4 Análisis de residuos de explosión	384
8.5 Artefactos explosivos improvisados	393
Resumen	395
Ejercicios para comprobar lo aprendido	397
Preguntas para pensar	398
Bibliografía	399

TEMA 9

RESIDUOS DE DISPARO	401
Cuestiones para una clase invertida	403
9.1 Residuos de disparo: aspectos generales	405
9.2 Análisis forense de residuos de disparo	412
9.3 Análisis forense de residuos de disparo de munición no tóxica	419
9.4 Patrones de residuos de disparo y estimación de la distancia de disparo	422
Resumen	426
Ejercicios para comprobar lo aprendido	426
Preguntas para pensar	428
Bibliografía	429

TEMA 10

FIBRAS Y PINTURAS 431

Cuestiones para una clase invertida..... 433

10.1 Fibras: aspectos generales..... 436

10.2 Análisis forense de fibras 445

10.3 Pinturas: aspectos generales 449

10.4 Análisis forense de pinturas..... 453

Resumen 457

Ejercicios para comprobar lo aprendido 458

Preguntas para pensar 460

Bibliografía..... 461

TEMA 11

VIDRIOS..... 463

Cuestiones para una clase invertida..... 465

11.1 Vidrios: aspectos generales 467

11.2 Análisis forense de vidrios..... 474

11.3 Análisis forense de vidrios por LA-ICP-MS..... 481

Resumen 485

Ejercicios para comprobar lo aprendido 485

Preguntas para pensar 488

Bibliografía..... 489

TEMA 12

SUELOS 491

Cuestiones para una clase invertida..... 493

12.1 Suelos: aspectos generales 495

12.2 Comparación forense de suelos 499

12.3 Análisis criminalístico del suelo 506

12.4 Análisis forense-medioambiental del suelo 509

Resumen 514

Ejercicios para comprobar lo aprendido 514

Preguntas para pensar 517

Bibliografía..... 518

TEMA 13

DOCUMENTOS	519
Cuestiones para una clase invertida	521
13.1 Documentos cuestionados: aspectos químico-forenses	523
13.2 Análisis forense de tinta manuscrita	531
13.3 Análisis forense de tinta impresa.....	540
13.4 Análisis forense de papel	543
13.5 Cruce de trazos.....	544
13.6 Datación de documentos.....	549
Resumen	555
Ejercicios para comprobar lo aprendido	556
Preguntas para pensar	557
Bibliografía.....	558

TEMA 14

QUÍMICA FORENSE TRANSDISCIPLINAR	561
Cuestiones para una clase invertida	563
14.1 Ciencia: sesgos y límites.....	565
14.2 Química Forense Transdisciplinar	566
14.3 Transdisciplinariedad en práctica: <i>marco de trabajo ecológico para comprender y prevenir la victimización mediante asaltos sexuales facilitados por drogas</i>	568
14.4 Transdisciplinariedad en práctica: <i>la ciencia forense nuclear y el análisis de materiales radioactivos</i>	577
Resumen	588
Ejercicios para comprobar lo aprendido	589
Preguntas para pensar	590
Bibliografía.....	591

Presentación

Cuando comencé a escribir este libro, perseguía dotar de material escrito en castellano a mis alumnos del Grado en Criminalística: Ciencias y Tecnologías Forenses de la Universidad de Alcalá. Mi principal motivación era que, la limitada bibliografía existente, no se adaptaba al temario de la asignatura, estaba en inglés y estaba contextualizada en normativas y casuísticas ocurridas, principalmente, en los Estados Unidos de América. Yo me encontraba en una etapa de teletrabajo en casa por la pandemia COVID-19. Esta etapa, nos ha exigido a los docentes la preparación y búsqueda de material escrito y audiovisual que sirva a nuestros estudiantes para aprender ciertos contenidos mediante su impartición en línea.

Pero los contenidos son caducos y algunos de los incluidos en este libro, muchos basados en guías o normas vigentes en la actualidad, estarán obsoletos en una década. Por eso, mi forma de concebir el libro se ha basado en mi idea de que cuando lo deseamos es cuando estamos preparados para buscar la información que necesitamos y aprender lo que queremos. Por eso, veréis que todos los temas comienzan con una serie de preguntas útiles para poder trabajar en un formato de clase invertida (*flipped classroom*). Estas cuestiones persiguen guiar a aquellos interrogantes que son relevantes para aprender lo más significativo de cada temática. Google nos da mucha información, pero nosotros tenemos que aprender a filtrarla y obtener aquella que realmente pueda servirnos de ayuda. Más importante aún, es reconocer aquellas asociaciones o instituciones que puedan ayudarnos en el aprendizaje de la Química Forense. Por este motivo, este libro recopila las webs de las instituciones y contenidos más relevantes donde podéis obtener y ampliar los conocimientos seleccionados, pudiéndose emplear como «referentes» a más largo pla-

zo. En cada uno de los temas, he perseguido organizar un hilo argumental para trasladaros algunas ideas importantes, las cuales he intentado incluir de forma breve en el resumen final de cada tema. También hay unas preguntas finales para que comprobéis lo aprendido, para pensar o para iniciaros en la interpretación de casos reales. Con este libro he buscado enseñaros algunos principios básicos sobre los que construir un conocimiento químico-forense transversal y útil para distintas áreas o secciones forenses, motivo por el que lo he titulado «Introducción a la Química Forense».

La Química y la Ciencia en general, se basan en el método científico, cuya piedra angular es la observación y la conjetura de hipótesis. La Química Forense, como el resto de disciplinas científico-forenses, necesita de la definición de conceptos básicos. Después, es difícil abordar los temas químico-forenses sin conocimientos de las etapas pre-analíticas, analíticas y de interpretación de la información. Por eso, los cuatro primeros temas abordan aspectos básicos y relevantes sobre el proceso químico-forense. Tras estos temas iniciales y más genéricos, he organizado los temas de sustancias controladas y toxicología forense para presentar las drogas ilícitas y otras lícitas como muestra física o en muestras biológicas, donde el análisis químico-forense se complica por los procesos de biotransformación de las sustancias en el cuerpo humano. Es con las sustancias psicoactivas cuando hay que realizar análisis cualitativos y cuantitativos, mientras que el resto de temáticas persiguen información cualitativa o comparativa. Por ello, seguidamente, se describen los temas de incendios, explosivos y residuos de disparo, temáticas interrelacionadas conceptualmente. El tema de incendios tiene el inestimable valor añadido de la participación de la empresa *IST – Investigation Service Technologies* que ha aportado múltiples fotografías de once casos reales y su interpretación. Después se abordan los temas de trazas materiales seleccionando las fibras y pinturas, los vidrios y los suelos para, finalmente, describir el papel de la química forense en documentoscopia. El último tema es un tema para reflexionar sobre la transdisciplinariedad

implícita en la química forense. Describe dos temáticas actuales donde es necesario ir más allá del examen, análisis e interpretación de los resultados de las muestras recogidas de vestigios en la escena de un delito. El fin último de estas temáticas transdisciplinares es aumentar la seguridad ciudadana y, por tanto, el bienestar social al que todos aspiramos como individuos.