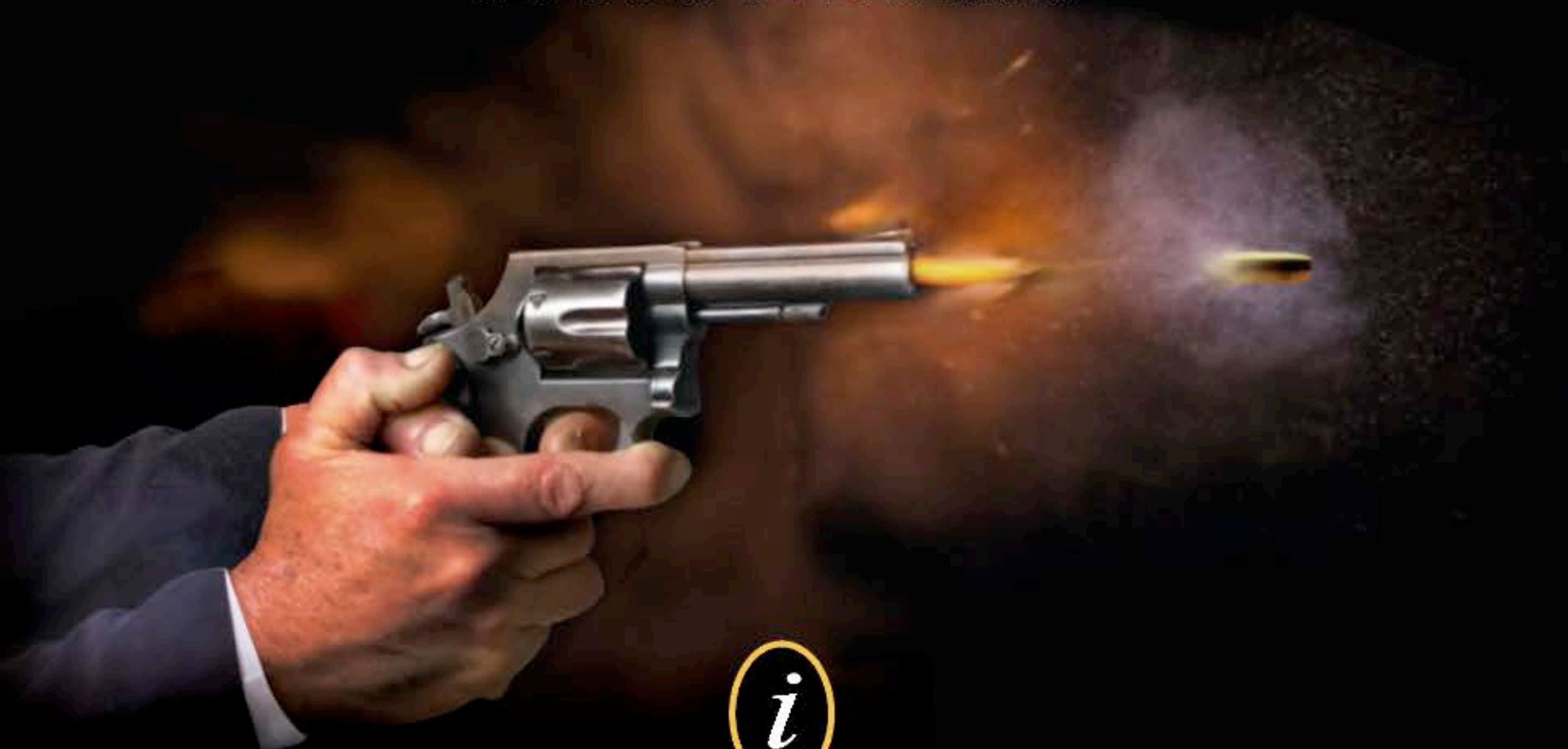


TEOBALDO F. AGUILAR LEQUERICA

# ¿QUIÉN DISPARÓ EL ARMA?

RESIDUOS DE DISPAROS



EDITORIAL  
IUSTITIA

Teobaldo Francisco Aguilar Lequerica

# ¿QUIÉN DISPARÓ EL ARMA?

Residuos de disparos



I U S T I T I A

# ÍNDICE



Introducción .....	21
--------------------	----

## I.

### BALÍSTICA

1. Breve historia de la Balística Forense.....	23
2. Principios de la balística .....	27
a. Principios de mecánica.....	27
b. Principios de termoquímica .....	28
c. Principios de termodinámica.....	28
3. Balística Forense.....	29
4. Clasificación de la Balística Forense .....	29
5. Etapas de la Balística Comparativa.....	32
6. Microscopio de comparación.....	32
7. Balística Reconstructiva .....	33
8. Balística Interior.....	33
a. Principio básico.....	34
b. Definición.....	34
c. Mecanismo del disparo.....	34
d. Las fases de la Balística Interna .....	35

9.	Ejemplos de Balística Interior en armas cortas y largas.....	38
a.	Armas cortas.....	38
b.	Armas largas.....	39

## II.

### ARMAS DE FUEGO: BREVE HISTORIA

1.	Concepto .....	41
2.	Evolución histórica de las armas de fuego .....	41
3.	Clasificación de armas de fuego .....	42
4.	Principales armas de fuego de incidencia criminal .....	43
a.	Historia del revólver Samuel Colt (USA).....	43
b.	Historia de la pistola Georg Luger (Alemania).....	45
c.	Componentes comunes en las armas de fuego.....	46
d.	Historia del rifle y armas automáticas de John Moses Browning (USA).....	47
e.	Ametralladora John T. Thompson (USA) .....	49
5.	Precauciones con las armas de fuego.....	49

## III.

### MUNICIÓN Y COMPONENTES

1.	Municiones.....	51
2.	Tipos de municiones .....	51
3.	Partes de las municiones.....	52
4.	Vainas o casquillos .....	53
a.	Partes.....	54
b.	Presentación de los casquillos.....	54
5.	Proyectiles .....	55
a.	Partes y material de un proyectil.....	56
b.	Relación entre la combustión de la pólvora y el proyectil.....	57

6.	Propulsores o deflagrantes.....	58
a.	Pólvora negra .....	58
b.	Pólvora sin humo de una sola base .....	59
c.	Propulsantes de doble base.....	59
d.	Estabilizadores.....	61
e.	Fases de la deflagración .....	64
7.	Cebadores o iniciadores.....	64
a.	Historia.....	64
b.	Componentes químicos y funciones.....	65
c.	Función de la mezcla detonante .....	68
d.	Partes del cebador o iniciador .....	68
e.	Iniciador Berdan .....	69
f.	Iniciador Boxer .....	70
g.	Reacción química de los componentes del iniciador.....	72
h.	Relación entre las formulaciones químicas de los cebadores y su relevancia criminalística .....	73

#### IV.

#### ESCENARIO CRIMINAL: MEDIDAS DE SEGURIDAD

1.	Valor de una evidencia.....	77
2.	Principio de oportunidad.....	78
3.	Consideraciones del instructor en el escenario criminal.....	79
4.	Información previa del instructor.....	79
5.	Evaluación del escenario criminal.....	80
6.	La contaminación y el escenario criminal .....	80
7.	Aplicación de los principios criminalísticos en la escena del crimen ...	81
8.	Restos de disparos por arma de fuego en el escenario criminal.....	82
9.	Inspección para RD o GSR en vehículos .....	83
10.	Recojo de muestreo en casquillos.....	85

11. Seguridad premuestreo en la escena criminal .....	87
12. Señalización en la escena criminal.....	91
13. Factores que pueden afectar la eficiencia en una inspección de incidente balístico.....	93

## V.

### RESTOS DE DISPARO POR ARMA DE FUEGO O RD

1. Historia de restos de percusión de un arma de fuego .....	95
2. Objetivo del estudio de trazas de percusión balística.....	99
3. Procedencia de los restos de disparos de un arma de fuego.....	99
4. Consideraciones preliminares sobre percusión balística .....	101
5. Concepto de restos de disparo (RD) .....	102
6. Formación de RD.....	103
7. Restos de disparos y tipo de arma de fuego.....	105
8. Naturaleza química de los restos de disparos.....	106
9. Factores incidentes en la retención de partículas.....	108
10. Factores que influyen en la cantidad de residuos de disparos .....	108
11. Relación entre la distancia del disparo y la imprimación de partículas.....	109
12. Zonas específicas de acumulación de trazas de disparos.....	109
a. Específicamente en las manos .....	109
b. En otras zonas y objetos.....	111
13. Distribución de las partículas de acuerdo con el arma de fuego.....	111
14. Forma de los corpúsculos.....	113
15. Composición química de los cebadores y cantidad de partículas metálicas.....	115
16. Tamaño de los corpúsculos.....	116
17. Composición química de los residuos de disparos.....	117
a. Trazas orgánicas .....	117
b. Partículas de origen inorgánico .....	120

## VI. TOMA DE MUESTRAS

1. Activación o percusión de un arma de fuego .....	123
2. Sentido de escapes y partículas en armas.....	123
3. Idealización de la toma de muestras.....	125
4. Zonas de impregnación de residuos de disparos .....	126
5. Factores que influyen en el resultado instrumental de restos de disparos..	128
6. Procedimientos de tomas de muestras .....	130
7. Limitaciones en la captación de restos de disparos balísticos .....	133
8. Optimización de solvente para la toma de muestra de restos orgánicos....	133
9. Medio líquido para toma de muestras por absorción atómica.....	133
10. Toma de muestras para determinación por absorción atómica .....	134
11. Absorción atómica AA o SEM (microscopía electrónica de barrido)....	134
12. Toma de muestras para la lectura en microscopía electrónica o SEM.....	135
a. Kits.....	135
b. Componentes de cada kit.....	136
13. Zonas de las manos que deben de muestrearse.....	136
14. Medidas de seguridad previas al muestreo .....	138
a. Con respecto al conducido.....	138
b. Con relación al técnico o químico .....	138
15. Recojo de muestras de la ropa, vehículos y otros objetos.....	139
16. Toma de muestras de ropa.....	139
17. El muestreo de los vehículos.....	144
18. Toma de muestras para restos de munición SINTOX.....	145
19. Toma de muestras en moco nasal.....	145
20. Expansión de los restos balísticos y zonas críticas de impregnación..	146
Caso 1: Pistola 9 mm .....	146
Caso 2: Pistola 9 mm .....	147

Caso 3: Pistola .....	147
Caso 4: Pistola .....	148
Caso 5: Revólver Calibre 22 .....	148
Caso 6: Revólver 38 cañón largo.....	149
Caso 7: Pistola .....	149
Caso 8: Revólver.....	150
Caso 9: Revólver.....	150
Caso 10: Pistola ametralladora .....	151
Caso 11: Escopeta.....	151
Caso 12: Pistola con silenciador.....	152

## VII.

### EXÁMENES COLORIMÉTRICOS PARA DETECTAR RESTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

1. Metodologías químicas para la determinación de RD.....	153
2. Técnicas de investigación de RD de acuerdo con su naturaleza química..	154
3. Valor pericial de cada técnica o marcha química.....	154
4. Exámenes de orientación .....	154
5. Marchas de probabilidad o presuntiva-colorimétricos.....	155
6. Principales exámenes de naturaleza colorimétrica .....	155
a. Restos de pólvora negra (azufrados) .....	155
b. <i>Dermal nitrat test</i> o parafina (nitratos) .....	156
c. Reacción o reactivo de Peter Gries (Von Illoswa nitritos) .....	160
d. Ensayo de Maloney (nitratos en manos) .....	161
e. Reacción al ácido cromotrópico (reactivo para nitratos) .....	162
f. Reacción Fenildimetilpirazolona (nitratos) .....	162
g. Ensayo de Tewari- a la Antazolina, (13) - Nitritos- Nitratos .....	162
h. Ensayo de Islovai Islova (nitritos en armas de fuego) .....	163
i. Marcha o de Harrison Gilroy (plomo y bario).....	164



j. Deducción de la distancia.....	165
k. Examen mejorado del rodizonato de sodio (plomo, bario y antimonio) ..	166
l. Test de Walker y Harrison (nitratos en prendas de vestir).....	167
m. Reacción del ácido rubiánico- COBRE (pistola examen colorimétrico para determinar cobre).....	169
n. Reacción de Gautelli (Nitritos en sangre) .....	169
o. Técnica de detección de trazas de metales .....	170
p. Reactivo de campo Blue View (nitratos).....	172

## VIII.

### COMPROBACIÓN DE RESTOS DE DISPARO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA, EFICIENCIA Y OBSOLECENCIA

1. Generalidades.....	173
2. Espectros atómicos. Nociones de absorción y emisión .....	175
3. Historia .....	175
4. Principio de espectrofotometría de absorción atómica .....	176
5. Espectrofotometría de absorción atómica con llama y sin llama .....	177
a. Con llama .....	177
b. Sin llama (Horno de grafito).....	178
c. Espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).....	178
d. Plasma acoplado inductivamente a espectrometría de masas (ICP-MS).....	179
e. Comparación entre los sistemas de absorción atómica con llama o FAAS y sin llama o GFAAS .....	180
6. Otras opciones espectroscópicas .....	181
a. Selección del disolvente .....	183
7. Toma de muestras.....	185
a. Solicitud de toma de muestras .....	185

b. Medidas básicas de seguridad .....	185
c. Del funcionario que realiza la toma de muestras.....	186
d. Acto de toma de muestras.....	186
8. Ventajas de la aplicación de absorción atómica con horno de grafito en la investigación de RD .....	188
9. Ventajas de la aplicación de absorción atómica con plasma inducido en la investigación de RD .....	189
10. Limitaciones de la técnica de absorción atómica.....	190
11. Corolario de la aplicación de la técnica de absorción atómica en la determinación de RDAF.....	191

## IX.

### **APLICACIÓN INSTRUMENTAL DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO Y DISPERSIÓN DE RAYOS X EN LA DETERMINACIÓN DE RESTOS DE DISPAROS**

1. Evolución del microscopio electrónico de barrido o SEM.....	193
2. Breve cronología de la microscopía electrónica y los restos de disparos....	194
3. Posibilidades de la aplicación del SEM en los restos de percusión .....	195
4. Microscopía Electrónica de Barrido con energía dispersiva X-Ray (SEM-EDX) .....	196
5. Documentación requerida .....	198
6. Parámetros a ser comprobados.....	198
7. Recojo de muestras .....	198
8. Recubrimiento de la muestra.....	200
9. Calibración del equipo .....	200
10. Preparación previa a la muestra en laboratorio .....	202
11. Fases del proceso de un examen integrado de recojo de muestras....	202
a. Solicitud de toma de muestras .....	202
b. Medidas básicas seguridad (similar al de absorción atómica) .....	203
c. Del funcionario que realiza la toma de muestras.....	204

d. Acto de toma de muestras.....	204
12. Documentación instrumental.....	206
13. Validez y sustento de un dictamen pericial por SEM_EDX.....	207

## X.

### NUEVAS TÉCNICAS INSTRUMENTALES PARA DETERMINAR TRAZAS DE PERCUSIÓN BALÍSTICA

1. Espectrometría de masas con esponja táctil para el análisis rápido de residuos orgánicos de disparos de mano humana y varias superficies, utilizando sistemas de espectrometría de masas.....	209
2. Técnica para determinar restos orgánicos por espectrometría de masas y cromatografía de gases.....	210
3. Espectroscopía Raman: identificación de municiones por medio del análisis orgánico de residuos del proyectil.....	211
4. Ablación de láser Inducido. Plasma y espectrometría de masa o la IPC-MSI: identificación personal basada en la visualización de residuos metálicos y huellas dactilares.....	211
5. Fluorescencia de Rayos X o XRF.....	212
6. Espectrometría de movilidad de iones o IMS, diferenciación de los tiradores de los no tiradores que utilizan IMS, OGSR, redes neuronales y ratios de probabilidad.....	213
7. Espectrometría de movilidad diferencial o DMS.....	213
8. Voltámetro de extracción anódica o ASV- Detección electroquímica de residuos de bala para análisis forense: una revisión.....	214
9. Voltametría, microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de rayos X de dispersión de energía: identificación ortogonal de residuos de disparo.....	214
10. Sensor de dedo forense de estado sólido para muestreo integrado de residuos de disparos y explosivos.....	215
11. Cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) ultra (LC) y espectrometría de masa (MS).....	216
12. Volamperometría de redisolución abrasivo o (ASV).....	216

**XI.**

**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LOS RESIDUOS  
DE PERCUSIÓN DE ARMA DE FUEGO**

1.	Persistencia de los GSR.....	219
2.	Transferencia directa.....	220
3.	Transferencia indirecta .....	220
4.	Limitaciones de tiempo con relación al muestreo.....	223
5.	Persistencia de los compuestos orgánicos .....	224

**XII.**

**ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA  
DE RESTOS DE DISPAROS**

1.	Nociones.....	231
2.	Relación entre energía y una lesión por arma de fuego.....	232
3.	Lesiones por arma de fuego .....	233
4.	Comprobación de la distancia de un disparo .....	234
5.	Productos expulsados por la boca cañón.....	236
6.	Componentes de los residuos balísticos de avanzada .....	237
7.	Tipos de disparos.....	238
8.	La distancia de disparo .....	240
9.	Características de disparo a corta distancia .....	240
10.	Distancia de disparos en las prendas de vestir.....	242
11.	Investigación de nitritos en prendas - Gries modificado.....	243

**XIII.**

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS FALSOS  
POSITIVOS Y FALSOS NEGATIVOS**

1.	Consideraciones generales.....	245
2.	Justificación de las partículas de restos de disparos .....	247
3.	Confusión en interpretación de las partículas.....	247

4.	¿Qué actitud deberá tomar el experto en Química Balística al acceder a los resultados? .....	249
5.	Resultados falso positivo .....	249
6.	Falso negativo.....	254
a.	Razones probables de falso-negativo .....	254
b.	Otros factores que influyen en resultado falso-negativo.....	255
c.	Con relación al arma de fuego .....	255
d.	Mecanismo de un probable resultado falso-negativo.....	257
e.	Falso positivo o falso negativo .....	262
f.	Aparición de cebadores sin contenido de plomo, antimonio y bario (Pb, Sb y Ba), respectivamente.....	262
7.	Situación extrema contradictoria .....	266
8.	Auditoría.....	268
9.	Laboratorios forenses acreditados .....	268
10.	Posibilidades de optimizar los resultados en un futuro inmediato .....	271

#### XIV.

#### INFORME TÉCNICO Y EFICIENCIA APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA CRIMINALÍSTICA

1.	Fases del informe .....	273
2.	Resultados .....	273
3.	Informe técnico.....	274
4.	El informe también puede considerar una o más advertencias .....	274
5.	Contenido del informe o dictamen .....	275
6.	¿Qué actitud se debe tomar ante un resultado positivo? .....	275
7.	Forma como se expresan los resultados/conclusiones.....	276
8.	Validez de los niveles detectados.....	277
9.	Ética y obligaciones profesionales .....	278
10.	Prácticas que se deben evitar .....	278
11.	Soporte científico de la autoría de disparo por arma de fuego .....	279

## ÍNDICE

---

12. Autoría de un disparo por arma de fuego .....	281
13. Factores balísticos a tomarse en cuenta en la determinación de autoría de disparo .....	288

### XV.

#### TIEMPO DE DISPARO DE UN ARMA DE FUEGO

1. Evolución de la estimación del tiempo desde la descarga .....	291
2. Los enfoques basados en la inspección visual .....	292
3. Los métodos cromatográficos.....	297
4. Procedimientos químicos instrumentales para determinar el tiempo del disparo .....	299
a. Cambio de nitritos y nitratos .....	299
b. Identificación de cationes ferrosos y férricos .....	300
c. Determinación espectrofotométrica de tiempo de descarga.....	300
d. Tiempo transcurrido desde la descarga de proyectiles de escopeta....	302
5. Interpretación de los resultados analíticos.....	303

### XVI.

#### GLOSARIO

Glosario.....	305
---------------	-----

### XVII.

#### INTERROGANTES SOBRE RESTOS DE DISPAROS

Interrogantes sobre restos de disparos.....	317
---	-----

### XVIII.

#### BIBLIOGRAFÍA

a. Textos .....	341
b. Journal y revistas .....	345



**L**a presente obra tiene como objetivo que las autoridades policiales, judiciales, Ministerio Público, abogados, entre otros se formen una idea de la importancia de efectuar una toma de muestras oportuna tanto en manos como en prendas de vestir, calcular la distancia del disparo y tener una idea de la antigüedad de una descarga balística. Asimismo, invita al lector a tomar conciencia sobre el factor contaminación relacionado con el manipuleo del sospechoso y/o testigo por personal policial, además del tiempo transcurrido entre el disparo y la toma de muestra. A lo largo del tiempo, se ha caído en un error medular de creer que porque a una persona se le hallan trazas de plomo, antimonio y bario significa que disparó el arma sospechosa, o no considerar el tiempo que transcurre a la hora de tomar la muestra, este último es inconsistente, por lo que el dictamen puede ser anulado por autoridades, con criterios forenses si pasan cuatro horas de la toma de muestra.

El libro incluye los aspectos relacionados con los llamados falsos positivo y falsos negativos, donde se exponen casuísticas para ambas situaciones. También, se ha considerado la importancia en las determinaciones de residuos orgánicos procedentes de la pólvora. Finalmente, la preponderancia de la microscopía electrónica de barrido con detector de rayos X sobre otros procedimientos instrumentales es analizada con prolijidad y, por ende, la obsolescencia de la técnica y mal llamada prueba de absorción atómica se ha detallado con amplitud.

