

PRÓLOGO	9
PALABRAS PREVIAS	25
INTRODUCCIÓN	
INTRODUCCIÓN HISTÓRICA	
.....	29
1. Los primeros intentos de expresión: prehistoria de los documentos	31
2. Las primeras escrituras: el documento comienza su historia	33
3. Mejorando la escritura y también los documentos	39
4. Las edades oscuras: la lucha por conservar los documentos	48
5. La difusión del papel: de China al resto del mundo	55
6. Llega la imprenta	59
7. Nuevas invenciones: periodismo, litografía, nuevos útiles	64
INTRODUCCIÓN FORENSE	
1. Los objetivos	67
a) Identificación de tinta	67
b) Comparación entre dos o más muestras similares para determinar cuándo son iguales y cuándo no lo son	67

c)	Estimar la edad de un documento basándose en la edad de la tinta	68
	1. Determinar la edad de fabricación y puesta en el mercado	68
	2. Determinar el tiempo que la tinta lleva depositada en el papel	68
	3. Determinar si un trazo de tinta ha sido depositado antes o después que otra impresión contenida en el mismo documento	68
2.	Medios técnicos	68
	a) Exámenes no destructivos	68
	b) Análisis semi-destructivos	69
3.	La datación de una tinta	70

CAPÍTULO PRIMERO
ÚTILES DE ESCRITURA
MANUAL Y SUS TINTAS

1.	Introducción	71
2.	Los útiles	72
	a) Lápices de grafito	72
	1. Historia	72
	2. Características del trazo	74
	3. Determinación del sentido del desplazamiento	75
	b) Plumas fuente	77
	1. Historia	77
	2. Partes y funcionamiento de la pluma	77
	3. Características de la escritura con pluma	78
	c) Bolígrafos	81
	1. Historia	81
	2. Partes y funcionamiento de un bolígrafo	82
	3. Características físicas de la escritura de bolígrafo	85
	I. Características endogrammáticas	85
	II. Características perigrammáticas	91
	III. Características paragrammáticas	91
	d) Rotuladores o marcadores	92
	1. Historia	92
	2. Características físicas del trazo realizado con rotulador	95

4624

INSTRUMENTOS DE ESCRITURA MANUAL Y SUS TINTAS

17

e)	“Roller-ball”	96
1.	Historia	96
2.	Características físicas del trazo	97
f)	Útiles de tinta gel	98
1.	Historia	98
2.	Partes del útil	98
3.	Características físicas del trazo	98
3.	Las tintas	101
a)	Tintas de pluma	101
1.	Ferrogalotánicas	101
2.	Formadas por una solución acuosa de colorante sintético	103
b)	Tintas de plumas fuente en la actualidad	104
c)	Tintas de bolígrafos	104
1.	Disolventes	105
2.	Colorantes	106
3.	Resinas	109
4.	Otros aditivos	109
d)	Tintas de rotuladores	109
e)	Tintas de “roller-ball”	110
f)	Tintas gel	110
1.	Colorantes	111
2.	Gel	111
3.	Componentes volátiles	112
g)	Tintas borrables	113
h)	Pilot Frixion	117
i)	Tintas de trazos de papeles autocopiativos	123

CAPÍTULO II
MICROSCOPIA

1.	Definición y conceptos de microscopía	127
2.	Tipos de microscopios	130
a)	Microscopía óptica	132
1.	Sistema óptico	132
2.	Tipos de microscopios ópticos	133
I.	Microscopio estereoscópico o lupa binocular	133
II.	Microscopio óptico	134

III.	Microscopio de luz ultravioleta	135
IV.	Microscopio de fluorescencia	135
V.	Microscopio petrográfico o metalográfico	135
VI.	Microscopio en campo oscuro	137
VII.	Microscopio de fase	138
VIII.	Microscopio invertido	138
IX.	Microscopio confocal	138
b)	Microscopía electrónica	140
1.	Microscopio electrónico de barrido (SEM)	141
2.	Microscopio electrónico de transmisión (TEM)	143
c)	Microscopio de fuerza atómica	144
3.	Aplicaciones de los diferentes microscopios al análisis forense de documentos	146
a)	Microscopio estereoscópico	146
1.	Estudio general del documento, manchas, etcétera	146
2.	Estudio del trazo	147
3.	Estudio del tipo de impresión	147
4.	Estudio óptico de cruzamientos	147
5.	Estudio de los bordes de los papeles	149
b)	Microscopio óptico	149
c)	Microscopio metalográfico	150
d)	Microscopio confocal	150
e)	Microscopio de barrido electrónico	153
f)	Microscopio de fuerza atómica	154
4.	Consideraciones finales	155

CAPÍTULO III

ANÁLISIS FORENSE

EXAMEN ÓPTICO DE LAS TINTAS

1.	Introducción. Conceptos de óptica	157
a)	Luz	158
b)	Espectro	158
c)	Longitud de onda	158
d)	Reflexión	158
1.	Retroreflexión	159
2.	Reflectancia	159
e)	Absorción	159
f)	Transmisión	159

g) Color	159
Círculo cromático	160
h) Espacios de colores	160
i) Luminiscencia	161
1. Fluorescencia	161
2. Fosforescencia	162
j) Metamerismo	162
1. Del iluminante	162
2. Del observador	162
3. Geométrico	162
k) Teoría de Kubelka-Munk	163
2. Percepción del color y filtros	163
3. Filtros dicróicos	166
4. Filtros infrarrojos	168
5. Luminiscencia infrarroja	169
6. Ángulos de incidencia de la luz y sus aplicaciones en el estudio de documentos	170
a) Iluminación reflejada o episcópica	170
b) Iluminación oblicua o difusa	170
c) Iluminación rasante	170
d) Iluminación transmitida o diascópica	171
7. Fuentes de luz	171
a) Bombillas incandescentes	171
b) Bombillas incandescentes reflectoras	172
c) Bombillas halógenas	172
d) Tubos fluorescentes	172
e) LEDs	172
f) Láser	174
g) Fibra óptica	175
h) Bombillas Bulbrite®R-25 Blacklite	175
8. Equipos comerciales para el estudio óptico de tintas	176
9. Imágenes hiperespectrales	179
10. Consideraciones finales	181

CAPÍTULO IV
TÉCNICAS INSTRUMENTALES
PARA EL ANÁLISIS FORENSE DE TINTAS

1. Introducción	209
-----------------------	-----

a)	Conceptos y términos	210
b)	Etapas de un análisis químico	211
2.	Métodos instrumentales de análisis elemental y molecular empleados para el análisis y datación de tintas	212
a)	Métodos espectroscópicos	212
1.	Espectroscopía UV-Vis	215
2.	Espectroscopía infrarroja, IR (Infrared Spectroscopy)	219
3.	Espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR. Fourier Transform Infrared Spectroscopy)	222
4.	Espectroscopía Raman (Raman Spectroscopy)	223
5.	Espectroscopía de fluorescencia de rayos X. XRF (X-Ray Fluorescence)	228
6.	Espectrometría de masas (MS — Mass Spectrometry)	230
b)	Métodos de separación	234
1.	Cromatografía de capa fina (TLC — Thin Layer Chromatography)	234
2.	Cromatografía de capa fina de alta eficacia (HPTLC — High performance thin layer chromatography)	236
3.	Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC — High performance liquid chromatography)	242
4.	Cromatografía de gases (GC — gas chromatography)	249
5.	Electroforesis capilar (CE — capillary electrophoresis)	259
3.	Consideraciones finales	260

CAPÍTULO V
 DATACIÓN DE TINTAS
 DE ESCRITURA MANUAL

1.	Conceptos básicos y antecedentes	261
a)	Componentes de las tintas	262
b)	Sistema abierto. Sistema cerrado	263
c)	Perfil estático. Perfil dinámico	265
1.	Perfil estático	265

2. Perfil dinámico	266
I. Degradación de colorantes	266
II. Evaporación de disolventes	266
III. Endurecimiento y polimerización de las resinas	267
d) Edad relativa y edad absoluta	267
1. Edad relativa	268
2. Edad absoluta	268
e) Independencia de la masa	268
f) Antecedentes e histórico de investigación	269
2. Evaluación de la edad de las tintas de bolígrafo	272
a) Composición	272
b) Métodos de datación basados en las resinas	273
c) Métodos de datación basados en los componentes volátiles	276
d) Métodos de datación basados en los colorantes	282
3. Evaluación de la edad de las tintas gel	286
a) Composición de las tintas gel	286
b) Métodos de datación para tintas gel	287
4. Consideraciones finales	288

EPÍLOGO

.....	291
BIBLIOGRAFÍA	295

LÁMINAS COLOR

FIGURA 3.1. Espectro electromagnético	185
FIGURA 3.2. Representación de una onda indicando la distancia entre dos crestas (A y B) denominada longitud de onda	185
FIGURA 3.3. Reflexión difusa	186
FIGURA 3.4. Reflexión especular o regular	186
FIGURA 3.5. Transmisión regular	187
FIGURA 3.6. Transmisión difusa	187
FIGURA 3.7. Espectro electromagnético del visible percibido por el ojo humano	188
FIGURA 3.8. Círculo cromático	188

FIGURA 3.9. Colores sustractivos: CMY magenta-cian-amarillo	189
FIGURA 3.10. Colores aditivos: RGB rojo-verde-azul	189
FIGURA 3.11. Metamerismo del iluminante	190
FIGURA 3.12. Percepción de los objetos por el ojo humano	190
ESQUEMA 3.1. Clasificación de los cuerpos en función de las diferentes interacciones con la luz	191
FIGURA 3.13. Descomposición de un haz de luz blanca a través de un prisma	191
FIGURA 3.14. Absorción óptima de conos y bastones en función de la longitud de onda	192
FIGURA 3.15. Percepción del objeto con interposición de filtro entre: a) el iluminante y el objeto; b) el objeto y el observador	192
FIGURA 3.16. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro verde	193
FIGURA 3.17. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro azul	193
FIGURA 3.18. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro rojo	194
FIGURA 3.19. Retícula con 10 bolígrafos <i>Roller-ball</i> de color azul	194
FIGURA 3.20. Imágenes a 40X del cruzamiento 1.5 de la retícula anterior: a) sin filtro; b) con filtro azul; c) con filtro naranja; d) con filtro rojo	195
FIGURA 3.21. Imagen de las curvas de transmitancia de dos filtros —azul (arriba izquierda), amarillo (arriba derecha)— que componen un filtro dicróico. Abajo se puede ver como de la combinación de ambos resulta una alta transmisión en la región del rojo y pequeña en la región del azul y el verde	195
FIGURA 3.22. Imágenes bajo microscopio 40X tomadas con una combinación de dos filtros de color que permiten hacer una distinción entre tintas: a) cruzamiento R2 con R5; b) cruzamiento R5 con R5; c) cruzamiento R5 con R6	196
FIGURA 3.23. Imágenes IR tomadas bajo microscopio 40X: a) cruce 1.2; b) cruce 1.3; c) cruce 1.4	196
FIGURA 3.24. Imagen microscópica con luz IR cortesía de Zarbeo en la que puede apreciarse el añadido en número “1” para convertirlo en “4” y puede leerse bajo un tachón	196
FIGURA 3.25. Fotografía de un billete de 50 euros bajo iluminación UV en la que puede verse la fluorescencia UV (iluminación en la región del ultravioleta, emisión en la región del visible) de algunas de las tintas de impresión del mis-	

mo, así como de algunas de las fibrillas de seguridad que componen el papel	197
FIGURA 3.26. Imagen de un número "9" realizado con una tinta que presenta fluorescencia infrarroja	197
FIGURA 3.27. Imágenes del cruce de los trazos R9 horizontal y R1 vertical: <i>a)</i> luz blanca que no permite la distinción; <i>b)</i> con luz IR; <i>c)</i> en esta imagen se puede ver como la tinta R9 presenta luminiscencia IR mientras que la tinta R1 no	198
FIGURA 3.28. Imagen de un haz de luz que incide perpendicularmente en el documento	198
FIGURA 3.29. Imagen de dos haces de luz que inciden de forma oblicua en el documento	198
FIGURA 3.30. Imagen de un haz de luz que incide de forma rasante en el documento	199
FIGURA 3.31. Imagen en la que se ponen en evidencia las indentaciones en un documento, reveladas con luz rasante	199
FIGURA 3.32. Imagen de un haz de luz que incide de forma diascópica en el documento	199
FIGURA 3.33. Imagen de un talón manipulado, tomada con luz ultravioleta de forma transmitida donde puede verse la alteración en la superficie del talón y cómo se ha arrastrado con el borrado la tinta UV utilizada como medida de seguridad en la confección del talón	200
FIGURA 3.34. Imagen de una marca de agua de un papel puesta en evidencia con luz transmitida	200
FIGURA 3.35. Imagen de la bombilla Bulbrite® R-25 Blacklite	201
FIGURA 3.36. Imagen de un MiScope de la casa Zarbeco	201
FIGURA 3.37. Imagen del VSC® 6000 cedida por la empresa Foster & Freeman	202
FIGURA 3.38. La diferente absorción de las dos tintas de una fuente de luz a 713 nm permite diferenciar ambas tintas	202
FIGURA 3.39. IRL. La misma muestra de arriba en la que se aprecia la diferente luminiscencia infrarroja que presentan las dos tintas. Para obtener este resultado se iluminará con luz blanca cortando toda emisión IR. Las tintas emitirán sin embargo en IR	203
FIGURA 3. 40. Lectura bajo borrado por fluorescencia de la tinta que está borrando el texto	203
FIGURA 3.41. Lectura bajo borrado con tipex con luz transmitida	204

FIGURA 3.42. Imagen del VSC® 400 cedida por Foster & Freeman	204
FIGURA 3.43. Imagen de un VSC® 40 cedida por Foster & Freeman	205
FIGURA 3.44. Imagen del Docucenter 4500	205
FIGURA 3.45. Imagen en la que se representan diversas instantáneas de un determinado pixel en cada función de onda y la gráfica que se genera con ellas	206
FIGURA 3.46	206
FIGURA 3.47	207
FIGURA 3.48. Ejemplo 1	207
FIGURA 3.49. Ejemplo 2	208