

## ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO  
PALABRAS PREVIAS

### INTRODUCCIÓN INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- 
1. Los primeros intentos de expresión: prehistoria de los documentos
  2. Las primeras escrituras: el documento comienza su historia
  3. Mejorando la escritura y también los documentos
  4. Las edades oscuras: la lucha por conservar los documentos
  5. La difusión del papel: de China al resto del mundo
  6. Llega la imprenta
  7. Nuevas invenciones: periodismo, litografía, nuevos útiles

### INTRODUCCIÓN FORENSE

1. Los objetivos
  - a) Identificación de tinta
  - b) Comparación entre dos o más muestras similares para determinar cuándo son iguales y cuándo no lo son
  - c) Estimar la edad de un documento basándose en la edad de la tinta
    1. Determinar la edad de fabricación y puesta en el mercado
    2. Determinar el tiempo que la tinta lleva depositada en el papel
    3. Determinar si un trazo de tinta ha sido depositado antes o después que otra impresión contenida en el mismo documento
2. Medios técnicos
  - a) Exámenes no destructivos
  - b) Análisis semi-destructivos
3. La datación de una tinta

### CAPÍTULO PRIMERO ÚTILES DE ESCRITURA MANUAL Y SUS TINTAS

1. Introducción
2. Los útiles
  - a) Lápices de grafito
    1. Historia
    2. Características del trazo
    3. Determinación del sentido del desplazamiento
  - b) Plumas fuente
    1. Historia
    2. Partes y funcionamiento de la pluma
    3. Características de la escritura con pluma
  - c) Bolígrafos
    1. Historia
    2. Partes y funcionamiento de un bolígrafo
    3. Características físicas de la escritura de bolígrafo
      - I. Características endogrammáticas
      - II. Características perigrammáticas



- 3. Estudio del tipo de impresión
- 4. Estudio óptico de cruzamientos
- 5. Estudio de los bordes de los papeles
- b) Microscopio óptico
- c) Microscopio metalográfico
- d) Microscopio confocal
- e) Microscopio de barrido electrónico
- f) Microscopio de fuerza atómica
- 4. Consideraciones finales

CAPÍTULO III  
ANÁLISIS FORENSE  
EXAMEN ÓPTICO DE LAS TINTAS

- 1. Introducción. Conceptos de óptica
  - a) Luz
  - b) Espectro
  - c) Longitud de onda
  - d) Reflexión
    - 1. Retrorreflexión
    - 2. Reflectancia
  - e) Absorción
  - f) Transmisión
  - g) Color
    - Círculo cromático
  - h) Espacios de colores
  - i) Luminiscencia
    - 1. Fluorescencia
    - 2. Fosforescencia
  - j) Metamerismo
    - 1. Del iluminante
    - 2. Del observador
    - 3. Geométrico
  - k) Teoría de Kubelka-Munk
- 2. Percepción del color y filtros
- 3. Filtros dicróicos
- 4. Filtros infrarrojos
- 5. Luminiscencia infrarroja
- 6. Ángulos de incidencia de la luz y sus aplicaciones en el estudio de documentos
  - a) Iluminación reflejada o episcópica
  - b) Iluminación oblicua o difusa
  - c) Iluminación rasante
  - d) Iluminación transmitida o diascópica
- 7. Fuentes de luz
  - a) Bombillas incandescentes
  - b) Bombillas incandescentes reflectoras
  - c) Bombillas halógenas
  - d) Tubos fluorescentes
  - e) LEDs
  - f) Láser
  - g) Fibra óptica
  - h) Bombillas Bulbrite®R-25 Blacklite
- 8. Equipos comerciales para el estudio óptico de tintas
- 9. Imágenes hiperespectrales
- 10. Consideraciones finales

CAPÍTULO IV  
TÉCNICAS INSTRUMENTALES

## PARA EL ANÁLISIS FORENSE DE TINTAS

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

### CAPÍTULO V DATACIÓN DE TINTAS DE ESCRITURA MANUAL

1. Conceptos básicos y antecedentes
  - a) Componentes de las tintas
  - b) Sistema abierto. Sistema cerrado
  - c) Perfil estático. Perfil dinámico
    1. Perfil estático
    2. Perfil dinámico
      - i. Degradación de colorantes
      - ii. Evaporación de disolventes
      - iii. Endurecimiento y polimerización de las resinas
  - d) Edad relativa y edad absoluta
    1. Edad relativa
    2. Edad absoluta
  - e) Independencia de la masa
  - f) Antecedentes e histórico de investigación
2. Evaluación de la edad de las tintas de bolígrafo
  - a) Composición
  - b) Métodos de datación basados en las resinas
  - c) Métodos de datación basados en los componentes volátiles
  - d) Métodos de datación basados en los colorantes
3. Evaluación de la edad de las tintas gel
  - a) Composición de las tintas gel
  - b) Métodos de datación para tintas gel
4. Consideraciones finales

### EPÍLOGO

.....  
Bibliografía .....

## LÁMINAS COLOR

- FIGURA 3.1. Espectro electromagnético
- FIGURA 3.2. Representación de una onda indicando la distancia entre dos crestas (A y B) denominada longitud de onda
- FIGURA 3.3. Reflexión difusa
- FIGURA 3.4. Reflexión especular o regular
- FIGURA 3.5. Transmisión regular
- FIGURA 3.6. Transmisión difusa
- FIGURA 3.7. Espectro electromagnético del visible percibido por el ojo humano
- FIGURA 3.8. Círculo cromático
- FIGURA 3.9. Colores sustractivos: CMY magenta-cian-amarillo
- FIGURA 3.10. Colores aditivos: RGB rojo-verde-azul
- FIGURA 3.11. Metamerismo del iluminante
- FIGURA 3.12. Percepción de los objetos por el ojo humano
- ESQUEMA 3.1. Clasificación de los cuerpos en función de las diferentes interacciones con la luz
- FIGURA 3.13. Descomposición de un haz de luz blanca a través de un prisma
- FIGURA 3.14. Absorción óptima de conos y bastones en función de la longitud de onda
- FIGURA 3.15. Percepción del objeto con interposición de filtro entre: *a)* el iluminante y el objeto; *b)* el objeto y el observador
- FIGURA 3.16. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro verde
- FIGURA 3.17. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro azul
- FIGURA 3.18. Punto rojo sobre un papel blanco con filtro rojo
- FIGURA 3.19. Reticula con 10 bolígrafos *Roller-ball* de color azul
- FIGURA 3.20. Imágenes a 40X del cruzamiento 1.5 de la reticula anterior: *a)* sin filtro; *b)* con filtro azul; *c)* con filtro naranja; *d)* con filtro rojo
- 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 ....
- 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
- FIGURA 3.23. Imágenes IR tomadas bajo microscopio 40X: *a)* cruce 1.2; *b)* cruce 1.3; *c)* cruce 1.4
- FIGURA 3.24. Imagen microscópica con luz IR cortesía de Zarbeco en la que puede apreciarse el añadido en número “1” para convertirlo en “4” y puede leerse bajo un tachón
- 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 mismo, así como de algunas de las fibrillas de seguridad que componen el papel
- FIGURA 3.26. Imagen de un número “9” realizado con una tinta que presenta fluorescencia infrarroja
- FIGURA 3.27. Imágenes del cruce de los trazos R9 horizontal y R1 vertical: *a)* luz blanca que no permite la distinción; *b)* con luz IR; *c)* en esta imagen se puede ver como la tinta R9 presenta luminiscencia IR mientras que la tinta R1 no
- FIGURA 3.28. Imagen de un haz de luz que incide perpendicularmente

en el documento

FIGURA 3.29. Imagen de dos haces de luz que inciden de forma oblicua en el documento

FIGURA 3.30. Imagen de un haz de luz que incide de forma rasante en el documento

FIGURA 3.31. Imagen en la que se ponen en evidencia las indentaciones en un documento, reveladas con luz rasante

FIGURA 3.32. Imagen de un haz de luz que incide de forma diascópica en el documento

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

FIGURA 3.34. Imagen de una marca de agua de un papel puesta en evidencia con luz transmitida

FIGURA 3.35. Imagen de la bombilla Bulbrite® R-25 Blacklite

FIGURA 3.36. Imagen de un MiScope de la casa Zarbeco

FIGURA 3.37. Imagen del VSC® 6000 cedida por la empresa Foster & Freeman

FIGURA 3.38. La diferente absorción de las dos tintas de una fuente de luz a 713 nm permite diferenciar ambas tintas

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

FIGURA 3. 40. Lectura bajo borrado por fluorescencia de la tinta que está borrando el texto

FIGURA 3.41. Lectura bajo borrado con tipex con luz transmitida

FIGURA 3.42. Imagen del VSC® 400 cedida por Foster & Freeman

FIGURA 3.43. Imagen de un VSC® 40 cedida por Foster & Freeman

FIGURA 3.44. Imagen del Docucenter 4500

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

FIGURA 3.46

FIGURA 3.47

FIGURA 3.48. Ejemplo 1

FIGURA 3.49. Ejemplo 2