

# SKOPEIN

*La Justicia en Manos de la Ciencia*

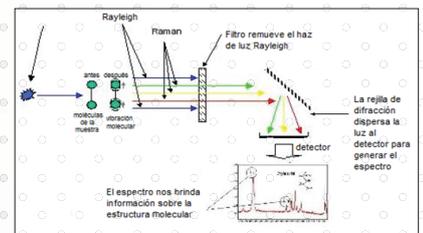


## Dientes Rosas Estallido del Paquete Vásculonervioso en la Cámara Pulpar Dental

*Juan E. Palmieri*

## Espectroscopía Raman, Análisis Forense de Tintas de Impresoras

*Diego A. Alvarez*



## Siniestros Viales desde la Perspectiva de la Criminología Vial

*Juan A. Carreras Espallardo*



# Raúl Osvaldo Torre

*Comisario (R) y Dr. en Police Sciences, nos habla  
del caso Nisman y del caso Ángeles Rawson*

**ENTREVISTA  
EXCLUSIVA!**

**CRIME SCENE DO NOT CROSS**



## Imágenes de portada

Aportadas por los autores.

“Skopein”, “La Justicia en Manos de la Ciencia” y logotipo inscriptos en registro de marcas, acta N° 3.323.690 (INPI)

Cod. registro SafeCreative: 1503153490241

N° de Edición

Año III, N° 7,  
Marzo 2015

Edición Gratuita

ISSN  
2346-9307

Copyright® Revista Skopein® - e-ISSN 2346-9307  
Año III, Número 7, Marzo - Mayo 2015

## AVISO LEGAL

Skopein® es una revista online de difusión gratuita en su formato online y sin fines de lucro destinada al público hispanoparlante de todas partes del mundo, ofreciéndoles a estudiantes, graduados y profesionales, un espacio para publicar sus artículos científicos y divulgativos, con su respectivo registro digital de propiedad intelectual, detallado en el siguiente apartado. Por lo tanto, la revista no se hace responsable de las opiniones y comentarios que los lectores expresen en nuestros distintos medios (como el foro), ni de las opiniones y comentarios de los colaboradores que publican dentro de la misma, y en ningún caso representando nuestra opinión, ya que la misma sólo se verá reflejada dentro de las notas de la Editorial.

El equipo revisa el contenido de los artículos publicados para minimizar el plagio. No obstante, los recursos que manejamos son limitados, por lo que pueden existir fallas en el proceso de búsqueda. Si reconoce citas no señaladas de la manera debida comuníquese con nosotros desde la sección de contacto, o regístrese en nuestro foro para participar dentro del mismo.

## Registro de propiedad Intelectual

Tanto el proyecto, como el sitio donde se hospeda, logo e imágenes y todos los artículos, notas y columnas de opinión que publica cada número de la revista, están protegidos por el Registro de Propiedad Intelectual de SafeCreative y Creative Commons bajo las licencias Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported a nivel Internacional, y la licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 2.5 en Argentina.

Todos los artículos poseen sus propios códigos de registro con dichas licencias, por lo tanto, el usuario común tiene permiso de copiar y distribuir el contenido de los mismos siempre y cuando realice el debido reconocimiento explícito de la autoría y no realice modificaciones en obras derivadas, ni lo utilice para hacer uso comercial.



# Espectroscopía

Del latín *Spectrum* que significa imagen y del griego *Skopein*, inspección o examen visual.



*“Estudio e interpretación de sistemas físicos atómicos o moleculares mediante la radiación electromagnética con la que interaccionan.”*  
Costa, J.M.; Diccionario de Química Física; Universidad de Barcelona, España, 2005.

Para publicar\* en Skopein, realizar consultas y sugerencias:

***info@skopein.org***

## SKOPEIN

### EQUIPO

#### DIRECTORES

Diego A. Alvarez  
Carlos M. Diribarne

#### EQUIPO DE REDACCIÓN

Luciana D. Spano (*coordinadora*)  
Mariana C. Ayas Ludueña  
Gabriela M. Escobedo

#### AUTORES EN ESTE NÚMERO

Juan M. Palmieri  
Diego A. Alvarez  
Juan A. Carreras Espallardo  
Saida Lastenia Mantilla Ojeda  
Víctor Gutiérrez Olivárez  
Álvaro Hernández Calderón

#### DISEÑO DEL SITIO

Diego A. Alvarez

#### DISEÑO Y EDICIÓN DE REVISTA

Carlos M. Diribarne

#### DISEÑO DE LOGO

Diego A. Alvarez

#### POSICIONAMIENTO Y DIFUSIÓN

Diego A. Alvarez  
Patricio M. Doyle

## NOTA EDITORIAL

Año a año continuamos mejorando la calidad de la revista, para adecuarse a diferentes parámetros internacionales de publicaciones científicas. Desde el último número, realizamos el traslado a la plataforma OJS (*Open Journal System*), software que permite la fácil gestión de revistas científicas digitales con acceso libre, y que se ha vuelto requisito obligatorio para ser incorporados en los repositorios internacionales más prestigiosos.

Otro acontecimiento importante, fue la inclusión en nuestra página del Calendario de Eventos de Skopein, útil para mantener a nuestro público al tanto de los eventos relacionados con las ciencias forenses que se realizan en los países hispanohablantes.

Con motivo a una investigación antropológica que está realizando el Equipo Argentino de Antropología Forense en México, en relación al caso de los 43 desaparecidos de Ayotzinapa, los directores de Revista Skopein participamos en el programa "Psicomentario" del Dr. Víctor Gutiérrez Olivárez, quien además, siendo miembro del Comité Científico, aporta en este número su primer artículo.

Además, desde Revista Skopein iniciamos un proyecto para organizar nuestras primeras Jornadas Forenses, que se llevarán a cabo en Julio de este año. Las mismas se realizarán en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y estarán dedicadas a la aplicación de las ciencias forenses en Argentina. Conforme pasen los meses les daremos mayor información.

Con una nueva imagen y nuevos integrantes del Equipo Editorial, en este número contamos con publicaciones cuyos autores representan cuatro países hispanohablantes: México, España, Colombia y Argentina. De esta manera, les damos la bienvenida al 2015, para continuar juntos promoviendo la investigación de las ciencias forenses en el mundo hispano.





# Skopein



## Dientes Rosas

Estallido del Paquete Vásculonervioso en la Cámara Pulpar Dental

*Por: Juan E. Palmieri*



Entrevista Exclusiva a:

## Raúl Osvaldo Torre

*Ph D. en Police Sciences y Comisario (R), nos habla del caso Nisman y del caso Ángeles Rawson*



Espectroscopía Raman  
*Análisis Forense de Tintas de Impresora*

*Por: Diego A. Alvarez*



Siniestros Viales desde la  
Perspectiva de la Criminología Vial

*Por: Juan Antonio Carreras Espallardo*



Escala Samanto  
Un instrumento para medir la revictimización.

*Por: Saida L. Mantilla Ojeda*

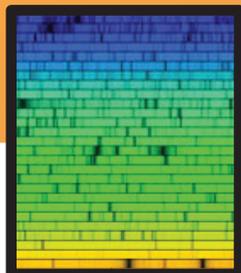


*La Necropsia Psicológica*  
Luces y Sombras del Pasado y  
Presente de la Víctima

*Por: Víctor Gutiérrez Olivárez  
Álvaro Hernández Calderón*



# Espectroscopía Raman aplicada al *Análisis Forense de Tintas de Impresora*<sup>\*\*</sup>



**Diego A. Alvarez\***  
dalvarez@skopein.org



## Introducción

En el examen de documentos cuestionados, donde se pretenda establecer la existencia de manipulaciones o adulteraciones en el mismo o corroborar su autenticidad por medio del análisis de la composición de los pigmentos de sus tintas para posterior comparación, se ha optado siempre por utilizar métodos y técnicas no destructivas a fin de obtener confiable y valiosa información sin perder ni alterar la evidencia documental. Sin embargo, los mismos por lo general ofrecen resultados meramente cualitativos y son muy sensibles con poca cantidad de muestra, siendo necesario recurrir a técnicas más efectivas, como las cromatográficas y espectrométricas, pero que requieren la extracción de muestra del documento para su correcto análisis, comprometiendo su integridad.

Asimismo, es cada vez más evidente el interés por el análisis forense de documentos impresos por inyección de tinta o láser, ya que han proliferado enormemente en oficinas y hogares en los últimos tiempos por la gran calidad que ofrecen y los costos relativamente accesibles, que las han convertido rápidamente en herramientas idóneas para la falsificación de documentos tales como pasaportes y billetes, siendo

necesario un método eficaz que pueda diferenciar y comparar sus tintas.

Es por ello que los métodos espectroscópicos de Ramán han adquirido gran notoriedad en los últimos tiempos para este tipo de análisis, puesto que no requieren la alteración del documento por la extracción de muestra, y brindan la posibilidad de reproducir los resultados obtenidos.

## Técnica de la Espectroscopía Raman

La espectroscopía Raman consiste básicamente en irradiar sobre la zona de la muestra a analizar un láser monocromático de luz (visible, IR o UV cercano) que interactúa con las moléculas y produce una dispersión elástica de haz de luz incidente (denominada Rayleigh, conformando la línea espectral de energía esperada) que debe ser diferenciada de otras líneas espectrales de luz dispersas inelásticamente, denominadas Raman, siendo éstas últimas las que deben ser detectadas y registradas (ver fig. 1). La dispersión Raman es muy débil y debe ser diferenciada de la principal (Rayleigh). Es producida ante la interacción con la nube de electrones de los enlaces de la molécula, y está determinada por las características de

\*Perito en Documentología. Estudiante de Lic. en Criminalística y Calígrafo Público Nacional (IUPFA). Director de Revista Skopein.

\*\* Láser e inkjet.

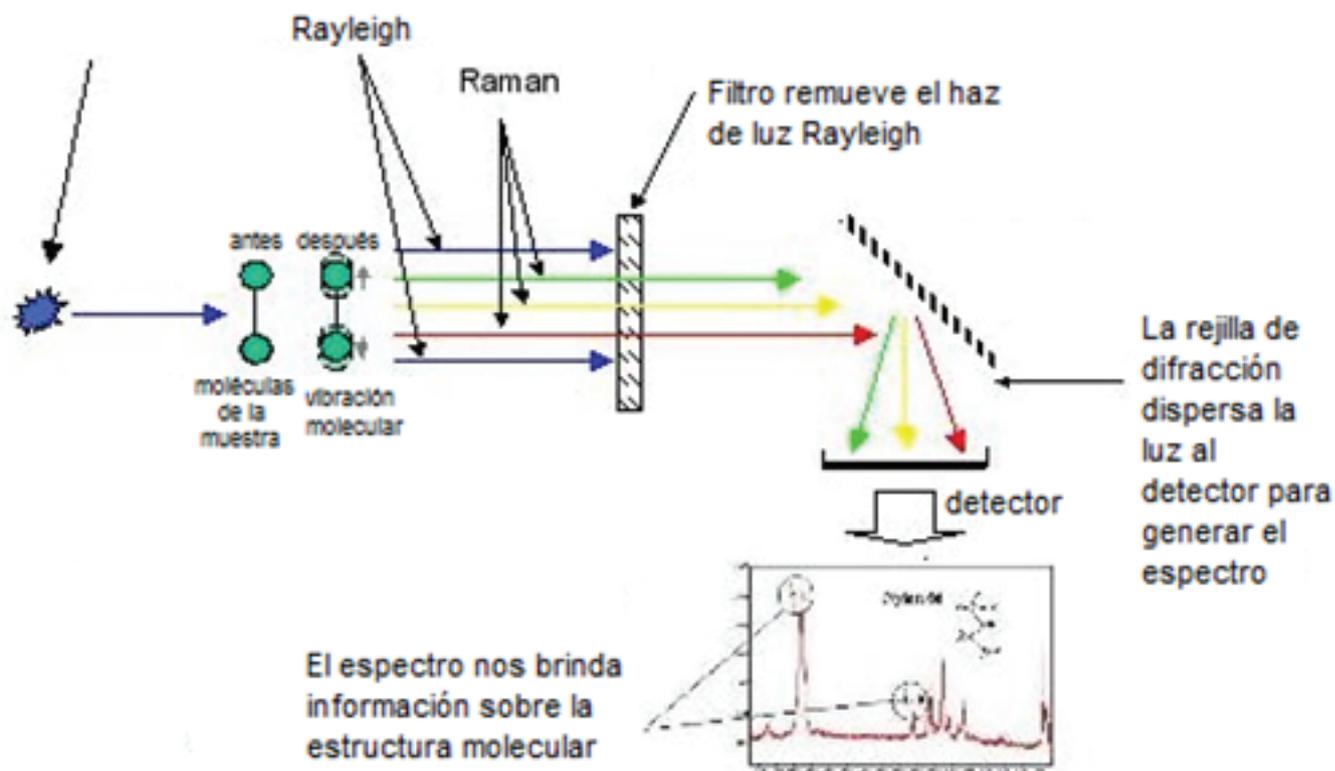


Fig. 1. Esquema del funcionamiento de la técnica, en donde debe ser filtrado el espectro Rayleigh para que sólo sea detectada la Raman.

Fuente: <https://newton.ex.ac.uk/research/biomedical-old/optics/sers.html> (imagen original modificada)

rotación, estado vibracional, etc., que será única y específica de cada tipo de estructura molecular, permitiendo su identificación al tratarse de una “huella digital espectral”<sup>1</sup>.

De este modo, podemos utilizar la espectroscopía Raman para el análisis, comparación y diferenciación de tintas y sus pigmentos, por tratarse de una técnica cualitativa no destructiva. Se ha utilizado tanto para tintas en gel<sup>2</sup>, como de sello, ballpoints, y de impresoras (tanto de inyección de tinta como aquellas que utilizan tóner), demostrando buenos resultados. En el presente artículo nos referiremos a estas últimas.

## Tipos de Espectroscopía Raman

Existen diferentes variedades de ER, que dependerán del uso que se le quiera dar, y que por lo general magnifican la señal

producida por la dispersión, ya que la técnica presenta principalmente dos inconvenientes que deben ser resueltos:

a) baja sensibilidad, debido a la dispersión naturalmente débil de Raman, y

b) señal intensamente fluorescente que exhiben muchas tintas y soportes. La mayoría de las veces no permite la correcta observación de la información química deseada<sup>3</sup>.

Dicha sensibilidad puede ser incrementada con el uso de la Espectroscopía Raman de Resonancia (RRS), que consiste en utilizar un láser cuya longitud de onda sea similar a la máxima absorción del cromóforo de la tinta, a fin de inducir un efecto de resonancia electrónica.

Otra técnica que intensifica la señal dispersa y sofoca la fluorescencia es la Espectroscopía Raman de Superficie

<sup>1</sup> Braz, André, et al, “Raman spectroscopy...”, en *Forensic Science International* 232, p. 207.

<sup>2</sup> Acerca de estudios realizados con espectroscopía Raman en tintas gel, el autor recomienda la lectura del artículo “Raman Spectroscopy of blue gel pen inks”, publicado por Williams D. Mazzella y Patrick Buzzini.

<sup>3</sup> Braz, André, op cit, p. 207-

Amplificada (SERS), aunque ésta demanda un tratamiento previo intrusivo de la muestra, y utiliza una estructura rugosa metálica o coloides de oro o plata a nanoescala (actuando como “nanoantenas”<sup>4</sup>), siendo un efecto electromagnético-químico el causante de la amplificación. Por supuesto, es posible el uso combinado de RRS y SERS, que mejoran la sensibilidad, lográndose grandes resultados.

Por último, podemos mencionar a la micro-espectroscopía Raman, cuya ventaja principal es la alta resolución en poca cantidad de tiempo que ofrecen sus resultados.

## Procesos de Impresión en sistemas digitales Inkjet y Láser

Resulta importante a la hora de investigar muestras de impresos, conocer el funcionamiento de estos sistemas de impresión digitales a fin de tenerlo en cuenta al momento de interpretar los resultados. A diferencia de los considerados convencionales (como offset, tipografía, serigrafía, etc.), no cuentan con una matriz o forma impresora donde se encuentre la imagen a imprimir, sino que éste es un procesador que genera sus matrices de manera digital, lo que permite la impresión de trabajos personalizados a demanda.

Las impresoras de inyección de tinta, vulgarmente conocidas como “chorro” de tinta, son dispositivos de impresión sin contacto con el soporte que reproducen la información recibida desde el ordenador, mediante la emisión de tinta a través de inyectores alojados en uno o más cabezales. Utiliza una técnica que permite la impresión a través de diminutas gotas de tinta emitidas por un inyector del grosor de un capilar que la expulsa a gran velocidad generando las imágenes por acumulación de puntos. Un método emplea tinta calentada (como la utilizada por la línea Bubblejet de HP) y otro método utiliza cabezas de impresión

piezoeléctrica (como en las líneas Stylus y Stylus Color de Epson).

Las impresoras y fotocopiadoras láser, en cambio, están basados en el principio de la electrofotografía, en donde utilizan materiales fotoconductores sintéticos (conducen electricidad sólo cuando están expuestas a la luz) que se encuentran en la superficie de un cilindro fotorreceptor de aluminio, formando una capa. El cilindro gira y toma contacto con una corona de cargas, que deposita cargas negativas sobre su superficie, y sobre la cual, un haz de luz en forma de láser incide iluminando el material fotoconductor -volviéndolo conductor-, descargando a tierra las cargas negativas depositadas en dichas zonas, quedando formada así la imagen latente a imprimir. El cilindro luego toma contacto con el depósito de tinta denominada tóner, cuyas partículas pigmentadas poseen cargas negativas, las cuales son atraídas por las cargas positivas de la imagen latente formada en el cilindro, permaneciendo adheridas en la superficie. Por último, el tóner es atraído y transferido al papel, y fijado en el mismo a través de un fusor, que funde la resina que compone la tinta.

## Tintas de Impresoras

Las tintas de impresoras poseen en su composición principalmente cuatro elementos: pigmentos, resinas, solventes y aditivos<sup>5</sup>. Mientras que las impresoras de inyección utilizan por lo general cartuchos de tinta con colorantes ácidos líquidos con cuatro tipos de colores que componen la cuatricromía de cian, magenta, amarillo y negro (CMYK)<sup>6</sup>, las impresoras láser y fotocopiadoras utilizan tóneres de partículas ultrafinas sólidas resinosas de tinta que se funden sobre el soporte generando, como veremos más adelante, una capa separada.

El análisis de documentos impresos

<sup>4</sup> Ezcurra Gondra, Magdalena, Grávalos, Goyo R., *Instrumentos de Escritura Manual y sus tintas*, Ed. La Rocca, 1ra ed., p. 227.

<sup>5</sup> Braz, André, *op cit*, p. 209.

<sup>6</sup> Los cuales son combinados para formar el resto de colores y tienden a ser absorbidos por el papel.

supone un desafío por la extensa variedad de marcas y modelos existentes en el mercado, tanto de láser como inkjet, y el análisis químico de sus tintas es otro problema puesto que los cartuchos pueden ser recargados por otros proveedores distintos al oficial para abaratar costos, quienes poseerán diferente fórmula química.

## Experimentación y Resultados

Savioli et al (2002) experimentaron usando tanto ER como SERS en ambos tipos de impresoras, y reportaron que el espectro en cartuchos de diferentes marcas impresos por la misma impresora a inyección de tinta mostraba resultados diferentes, y que el uso del mismo cartucho de tinta utilizado en diferentes impresoras mostraban el mismo espectro Raman, concluyendo que el proceso de impresión no influye en este tipo de análisis<sup>7</sup>.

Por el contrario, se han encontrado pequeñas diferencias en el espectro arrojado cuando se realizó misma experimentación, pero con el mismo tóner impreso por diferentes impresoras láser, atribuyendo el autor a la diferencias de temperatura para la deposición del tóner en el soporte.

Rodger et al. (2000) compararon la dispersión arrojada sobre los colorantes CMYK en solución e impresos en 5 diferentes papeles e impresoras distintas. El espectro obtenido a 1064 nm mostró mejor calidad de resultados, principalmente porque se logró reducir la fluorescencia. Además, no encontraron diferencias en el espectro de muestras impresas por misma inkjet en distintos papeles, pero si ha habido cierta variación en la señal espectral que se atribuyó a la adherencia inefectiva de los coloides a ciertas zonas superficiales del soporte. Littleford et al (2003) fueron los encargados de investigar la interacción existente entre el coloide de plata con dos colorantes azoicos de inyección de tinta negro de estructuras similares pero con un grupo de

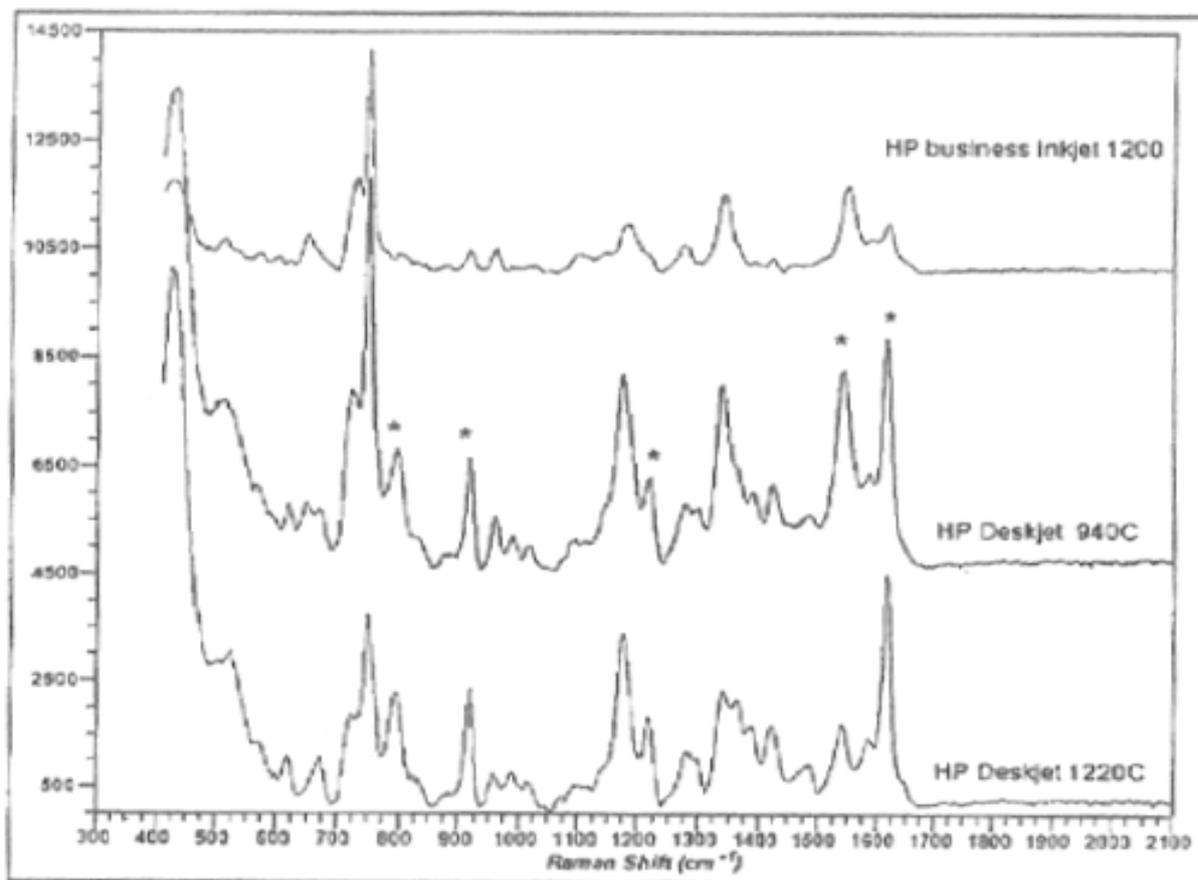


Fig. 2. Espectros Raman obtenidos de tintas de tres impresiones inkjet con el equipo Foram. Fuente: Ezcurra Gondra, Magdalena, Grávalos, Goyo R., op cit, pag. 227

<sup>7</sup> Idem <sup>5</sup>, p. 209. Se confirmó con cartuchos CMYK tanto de inyección como tóner.

ácido sulfónico diferente en dos sistemas distintos: disperso en solución e impreso en papel blanco. Una comparación con SERRS a diferente longitud de onda de láser de los colorantes absorbidos sobre las partículas de plata en suspensión y sobre los colorantes en el papel demostró que la forma azoica sufrió algunos cambios electrónicos, lo cual indicó que hubo interacción con la superficie del papel. La identificación de dichos cambios reveló la habilidad del SERRS de proveer información vibracional y electrónica específica de los colorantes absorbidos en papel.

Vikman y Sipi (2003) también investigaron esta interacción tinta-papel en muestras de inkjet y láser a través de ER. El espectro de las inkjet mostró una fuerte fluorescencia tanto de los colorantes como del papel, que fue reducido con mediciones confocales raman.

El análisis por profundidad de perfiles reveló que la presencia de dichos colorantes en la superficie del papel fue bastante pobre, sugiriendo que las tintas inkjet no forman una capa separada del papel, sino que éstas penetran el revestimiento y se alojan entre sus fibras.

En cuanto a las muestras de tóner, no hubo tanta fluorescencia como sí lo hubo en inkjet. El análisis por profundidad reveló que el tóner (a diferencia del anterior) sí forma una capa muy delgada (alrededor de los 8  $\mu$ m) separada del papel; a los 12  $\mu$ m de profundidad ya se encuentran mezcladas la tinta con el soporte, y a los 16  $\mu$ m, la señal raman sólo registra el papel.

Otro estudio<sup>8</sup> fue realizado con microespectroscopía Raman sobre muestras impresas con 41 inkjets de diferentes marcas y modelos con distintos cartuchos CYMK. El láser irradiado se ubicó sólo en las zonas impresas donde se encontraban puntos puros de cada color en suficiente cantidad, y

se comprobó que el color magenta pudo discriminarse con un 92 % de efectividad, al lograr organizar los impresos en 11 diferentes grupos. Pero el resto de colores no tuvieron similares resultados: si bien con el cian se detectaron diferencias en intensidad, su magnitud no fue suficiente como para poder separar a las tintas en grupos, y las interferencias causadas por el papel con el amarillo fueron más notorias, por lo tanto, sus mediciones fueron más difíciles de obtener e interpretar (ver fig. 3, 4 y 5).

Al igual que con las tintas de bolígrafo, la información espectral obtenida por ER para el análisis de tintas de inyección a veces requiere información complementaria provista de otras técnicas analíticas que permitan discriminar muestras impresas. Éste fue el caso del estudio reportado por Heudt et al (2012), que combinó dos métodos Raman y dos métodos de ionización por microespectrofotometría (MS) para discriminar tintas inkjet provenientes de diferentes cartuchos e impresoras. El carbón negro fue identificado como el principal componente en todas las muestras donde estaba presente tinta negra en diferentes longitudes de onda de excitación láser; el espectro de las tintas magenta y amarillo permitió buena diferenciación de las muestras a la más larga longitud de onda, pero el cian requirió la información espectral combinada de varios láser a longitud de onda distinta para ser discriminada. El espectro MS provee información adicional sobre los aditivos y composición de las tintas que permite una mejor discriminación de muestras.

Anteriormente ya fue utilizada la técnica ER para determinar autenticidad o falsedad documental, obteniéndose satisfactorios resultados. Algunas discrepancias se detectaron a los 514 y 633 nm pero no se han repetido, por lo cual, los autores lo atribuyeron a meras interferencias por la presencia de sudor o grasas en el papel. La combinación de información

<sup>8</sup> Buzzini et al, "Micro-Raman Spectroscopy of color inkjet printed documents", en *Journal of the American Society of Questioned Document Examiners*, 2006. Se utilizó para la experimentación el equipo de Espectroscopía Raman Renishaw RM 1000.

Group	Code	Inkjet Printers
1	1	Canon Bubblejet S500
	4	Canon i320
2	3	Canon BJC 4100
3	6	Epson Stylus Color II ESC 2
4	7	Epson Stylus Color 440
5	8	Epson Stylus Color 480
	10	Epson Stylus Color 880
	11	Epson Stylus Photo Ex
	12	Epson Stylus Photo 750
	13	Epson Stylus Photo 950
6	9	Epson Stylus Color 685
7	14	HP Designjet 1055CM
	21	HP DeskJet 920C
	35	HP Business Inkjet 3000
8	15	HP DeskJet 610C
	17	HP DeskJet 720C
	18	HP DeskJet 840C
9	29	HP DeskJet 5550C
10	37	Lexmark Z32
	38	Lexmark Z53
	39	Lexmark X73
11	41	Xerox M750

Fig. 3. Impresoras agrupadas a partir del análisis Raman de tintas magenta.

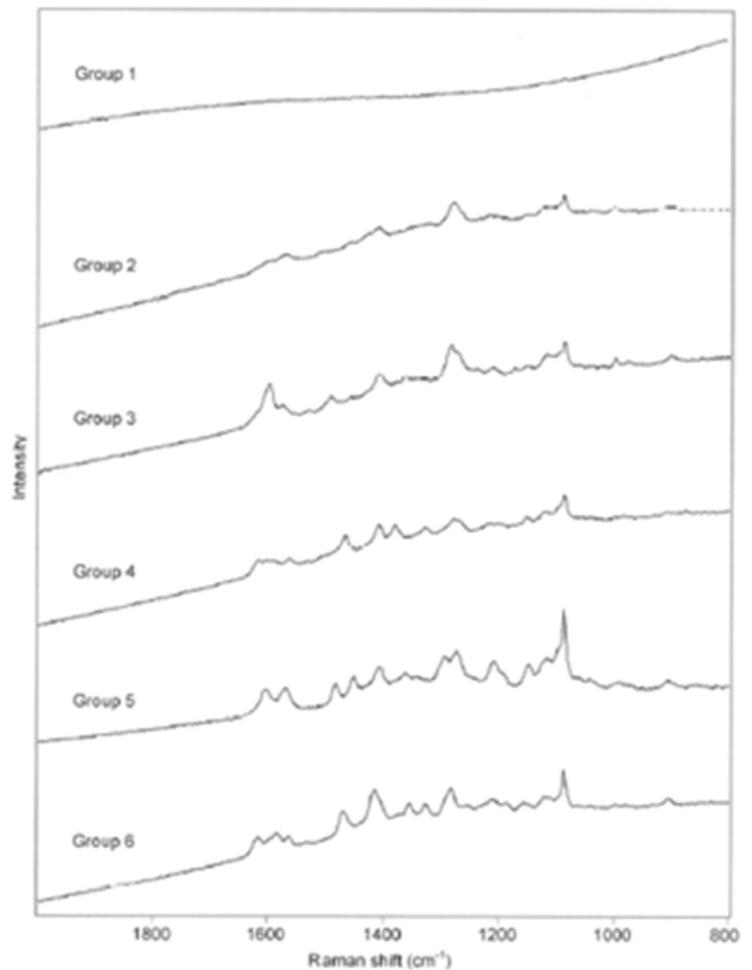


Fig. 4. Curva de 6 grupos (de los 11 de la fig. 3) obtenidos a partir del color magenta.

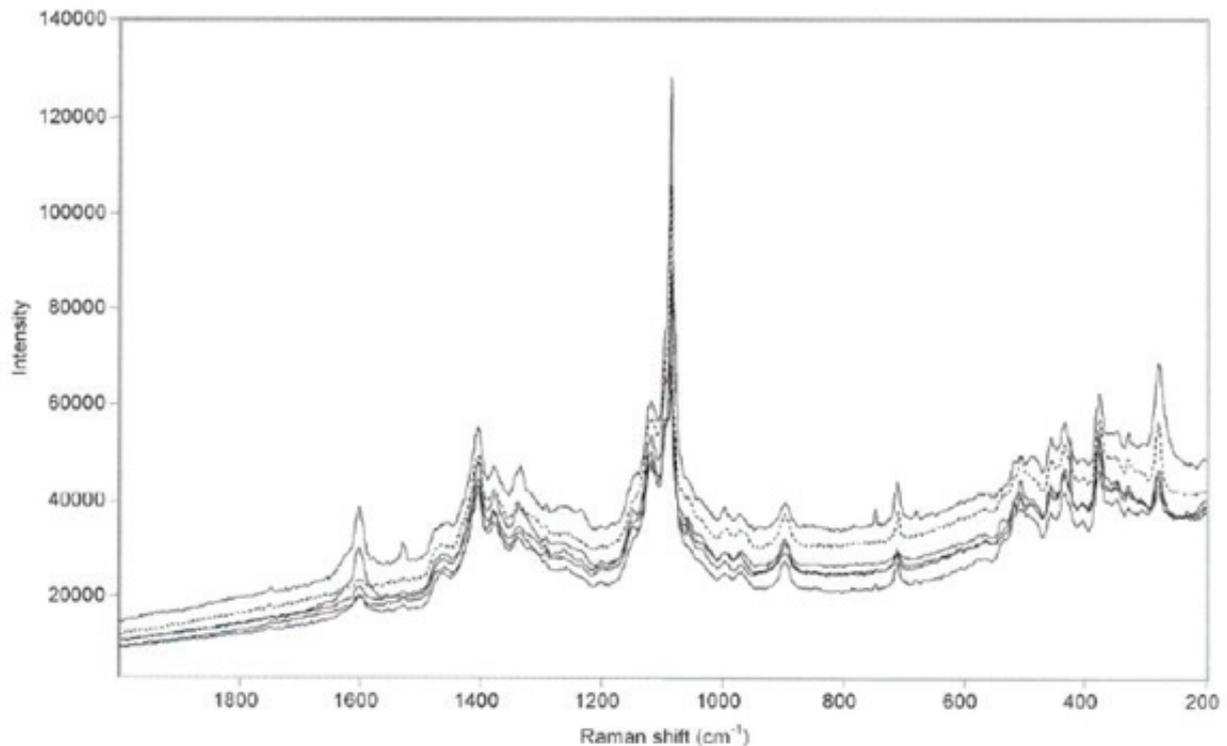


Fig. 5. Ejemplos del espectro Raman obtenido del color amarillo. La línea punteada corresponde al soporte de papel  
Fuente fig. 3, 4 y 5: Buzzini, Patrick, et al, op cit.

obtenida con ER con la de espectrometría IR, visible y por fluorescencia de rayos X (XRF) permitió la discriminación efectiva de todas las tintas.

## Conclusión

La Espectroscopía Raman ha demostrado ser una prometedora técnica para el análisis forense de tintas en documentos cuestionados, capaz de competir contra otros tradicionales métodos analíticos, particularmente porque es rápida, selectiva, no invasiva ni destructiva; de todos modos, aumenta su performance cuando es utilizada en combinación con éstas técnicas, principalmente con MS y TLC. Puede proveer información de la composición química de las mismas que permitan la comparación y eventual discriminación entre muestras de tintas en impresos. Están disponibles en varias longitudes de onda de excitación láser que brindan una información complementaria sobre ellas, sin embargo, algunos desafíos permanecen. La fluorescencia que exhibe tanto el soporte de papel como las propias tintas la mayoría de las veces termina por considerarse un efecto indeseado más que una característica que permita discriminación, ya que no permite visualizar la información del espectro. El SERRS se presenta como la solución a este problema al eliminar dicha fluorescencia e incrementar la intensidad de la banda (aunque de este modo también aumenta la contribución del papel), pero requiere la alteración de la muestra por la adición de coloides metálicos.

Al utilizar microespectroscopía Raman se lograron resultados satisfactoriamente reproducibles. Sin embargo, sólo el color magenta fue posible discriminar correctamente en grupos, mientras que el cian no pudo ser efectivamente diferenciado por este método, y el soporte de papel interfirió con los picos espectrales producidos por la tinta amarilla. Además, la interacción

papel-tinta es un proceso donde se producen sutiles cambios químicos que dependen de la naturaleza de ambos, además del tipo de dispositivo utilizado.

Dada la similitud de composiciones en las tintas más comerciales, y la dificultad de observar diferencias espectrales, el uso de un efectivo método quimiométrico para la clasificación de tintas podría volver más útil este método en el futuro de las investigaciones donde son objeto este tipo de documentos, ya que la gran contribución de Raman es no sólo poder discriminar tintas de una serie de muestras impresas, sino también determinar cuál es, de un listado obtenido de una base de datos, si ésta existiere.

## Bibliografía

- Alegretti, Juan C., Escrituras manuales y mecánicas, 1ra edición, Ed. La Rocca, Buenos Aires, 2007
- Braz, André, et al, "Raman spectroscopy for forensic analysis of inks in questioned documents", en Forensic Science International 232, pag. 206-212, 2013
- Buzzini, Patrick, et al, "Micro-Raman Spectroscopy of Color Inkjet Printed Documents", en Journal of the American Society of Questioned Document Examiners Vol 9, N° 1, 2006
- Ezcurra Gondra, Magdalena, Grávalos, Goyo R., Instrumentos de Escritura Manual y sus tintas, Ed. La Rocca, 1ra edición, Buenos Aires, 2010
- Shocron, Ariel, Sistemas de Impresión. Diseño Gráfico Digital N° 3, Pocket Users, Dálaga, 1ra edición, Buenos Aires, 2014
- "Espectroscopía Raman", recuperado el 6 de febrero de 2015, de [http://www.espectrometria.com/espectrometra\\_raman](http://www.espectrometria.com/espectrometra_raman)

Agradecimientos: A André Braz, de la Universidad de Alcalá, quien me facilitó su artículo, el cual fue tema de su tesis; a Patrick Buzzini, PhD en Criminológica, por el contacto vía email, quien también me envió varios artículos referidos a la cuestión; y a mi profesor de Química Documentológica, Eduardo Legaspe, quien revisó la versión corta de este trabajo.