

El uso de cosméticos como evidencia forense

Jesús Palomino Marchena

Resumen— Con este artículo se pretende mostrar al lector un recorrido por aquellos puntos neurálgicos que articulan este ámbito desconocido de la ciencia forense y de la literatura hispana, mostrando la realidad y potencial que hoy en día tienen estas técnicas en el transcurso de una investigación criminal y lo que se espera de su poder de análisis.

Palabras Claves— Cromatografía, Evidencia cosmética, Espectroscopía Raman, Pintalabios, TLC.

1. INTRODUCCIÓN

Por todos los lectores seguramente sea bien conocida aquella escena de la serie CSI (Cómo Sí Inculpar) donde unos atormentados investigadores se estancan en la investigación de un delito donde el presunto autor solamente ha dejado un pequeño vestigio que lo relacione con los hechos, como bien podría ser el contorno de unos labios impresos con pintalabios en el cuello de la víctima, maquillaje azarosamente colocado en algún recóndito objeto, un texto escrito en un espejo con el mismo pintalabios, etcétera. Pero ello no será óbice para que el culpable reciba su castigo, ya que, tras la extracción de una ínfima parte de ese vestigio, se dirigen a ese templo de la sabiduría y oscurantismo como es el laboratorio, habitado por un ser taciturno, con grave adicción a las bebidas estimulantes y vestimenta estafalaria. Tras un breve análisis ocular de la muestra, la persona al cargo del laboratorio mira a los investigadores por encima de sus anteojos y se pone manos a la obra, no sin antes asegurarles que la probabilidad de hallar alguna conclusión vehemente es baja.

Transcurrido un período de tiempo indeterminado entre 1 y 24 horas, el personaje a cargo del laboratorio sale extenuado de su cubículo y espera a dar las buenas noticias a nuestros protagonistas: es el momento en el que el monitor del ordenador muestra una tímida barra *in crescendo* hasta que de pronto aparecen unas grandes letras rotuladas a tamaño 140 con relleno verde centelleante que dice: MATCH. A partir de ese instante los investigadores tienen la marca, modelo, lote, fecha de venta, coordenadas geográficas y cliente al que se le dispensó dicho objeto y se procede a su detención.

Este relato aparente inverosímil ha sido utilizado en multitud de ocasiones por la industria del entretenimiento para mostrar un nada realista trabajo de los analistas forenses, los cuales tienen que lidiar con situaciones muy diferentes a las allí planteadas. A menudo se encuentran con muestras muy degradadas, muy similares unas de otras, mezcladas con otros compuestos, insuficientes para determinados tipos de análisis y en el dilema de si utilizar una técnica u otra en base a su ratio destructividad/eficacia.

El análisis de cosméticos como evidencia de una escena de un crimen no está exento de los problemas anterior-

mente mencionados, a los que hay añadir algunos más que se mencionaran más adelante. Huelga decir que se trata de un campo relativamente incipiente, donde la literatura en nuestro idioma patrio es inexistente (igual que ocurre con nuestros vecinos galos y germanos) y su utilización en nuestro país residual o nula (no habiendo sido posible encontrar en bases de datos ni una sola sentencia que recoja como prueba indiciaria o de cargo alguno de estos tipos de análisis o noticia que plasme el uso en un caso real), centrándose el grueso de los trabajos sobre esta aplicación concreta de los cosméticos en las cuatro décadas anteriores y siempre dentro de la literatura anglosajona [3].

2. EL VESTIGIO COSMÉTICO COMO PRUEBA

Primeramente, deberemos definir qué se entiende por cosmético. Pues bien, la palabra cosmético proviene del griego *kosmētikós*, que significa "todo aquello que tiene el poder o la habilidad de decorar", es decir, todos aquellos productos que son rociados, espolvoreados, frotados o aplicados para limpiar, embellecer, favorecer el atractivo o para alterar el aspecto.



Dicho esto, las evidencias cosméticas no son más que productos cosméticos hallados en la escena de un crimen (más frecuentes en casos de violaciones, asesinatos, abusos y agresiones sexuales, robos y cartas anónimas) y que se convierten, debido a su posible utilidad esclarecedora, en muestras dubitadas necesitadas de un análisis químico-forense para su posterior cotejo con una muestra indubitada que permita a los órganos judiciales establecer

inferencias inculpatorias. Pintalabios, *eyeliner*, sombra de ojos y esmalte de uñas son algunos de los cosméticos más utilizados en el día a día y que pueden ser fácilmente transferibles a la ropa, vasos, pañuelos, cigarrillos y las más variadas superficies de contacto en el transcurso de un crimen, incluso permanecer relativamente útiles durante algunos años [4], de ahí su utilidad en el análisis forense.

3. EL PRELUDIO DEL ANÁLISIS DE LA EVIDENCIA COSMÉTICA

El lector avezado no entenderá como podemos seguir hablando de ciencia forense sin antes mencionar el conocido principio de intercambio de Locard, que dice así: "*Es imposible que un criminal actúe, considerando la intensidad de un crimen, sin dejar rastros de esta presencia*" [8]. Teniendo en cuenta el principio enunciado por Locard debemos tener en cuenta que estamos ante un vestigio con potencial para ser analizado y mostrar ese lazo de unión entre criminal y crimen.

El primer caso documentado que utiliza el análisis de un cosmético para el esclarecimiento de un crimen es protagonizado por el mismo Edmund Locard en 1912 en el caso de Marie Latelle. Esta joven fue hallada muerta en el salón de la casa de sus padres en Lyon, Francia. La coartada del novio de Marie era perfecta, contando con el respaldo de sus amigos, pero un raspado de uñas rebeló que el tejido de piel acumulado bajo estas estaba cubierto de polvo. El polvo incluía estearato de magnesio, un polvo blanco comúnmente usado como agente aglutinante; óxido de zinc, un protector solar; bismuto, un mineral iridiscente usado para hacer polvos brillantes, y un óxido de hierro rojo. Estos componentes denotaban que se trataba de colorete, y según el químico de Lyon que lo fabricaba, sólo lo fabricó para Marie Latelle, lo cual proporcionaba el vínculo perfecto para unir al autor del crimen y los hechos, que resultó ser su novio [7].

Tras los primeros pasos dados en 1912, los estudios de este tipo de evidencias han sido muy escasos y descompensados en función del cosmético a analizar (dependiendo de la prevalencia de los mismos en los casos, su dificultad de extracción, aplicación masiva en la población y multitud de variables), encontrándonos al pintalabios como figura central en los trabajos hasta 2019 por su gran aceptación en todo el mundo y en clara desventaja el resto de los cosméticos, como puede observarse en la siguiente gráfica realizada por R. Chopi et al. [3] que muestra el número de estudios hasta 2019 en este ámbito.

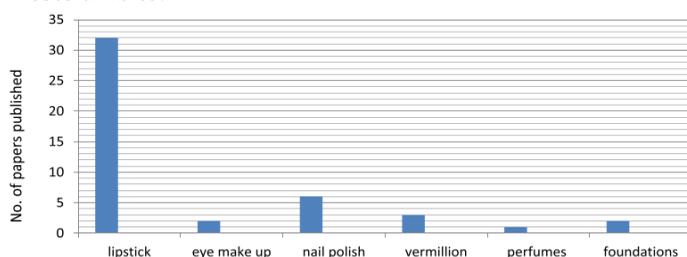


Fig. 1 Distribución de estudios (R. Chopi, et al)

4. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA EVIDENCIA COSMÉTICA

En esta sección recogeremos las técnicas que a día de hoy, fruto del avance de la tecnología en este ámbito, los laboratorios utilizan para lograr lo más parecido a ese *match* que exponíamos al principio del artículo: unos resultados que permitan, en mayor o menor medida, calcular la probabilidad de que el cosmético dubitado sea el mismo que el indubitado con el que se compara.

Para la exposición de técnicas tomaremos como referencia los análisis reputados como más exitosos en este tipo de muestras, ya que la finalidad del artículo es conocer la realidad del análisis de los cosméticos y separar las técnicas empleadas para todos desbordaría los fines de este. A continuación, se muestra un diagrama que recoge las posibles vías de análisis cuando un laboratorio recibe una muestra cosmética dubitada.

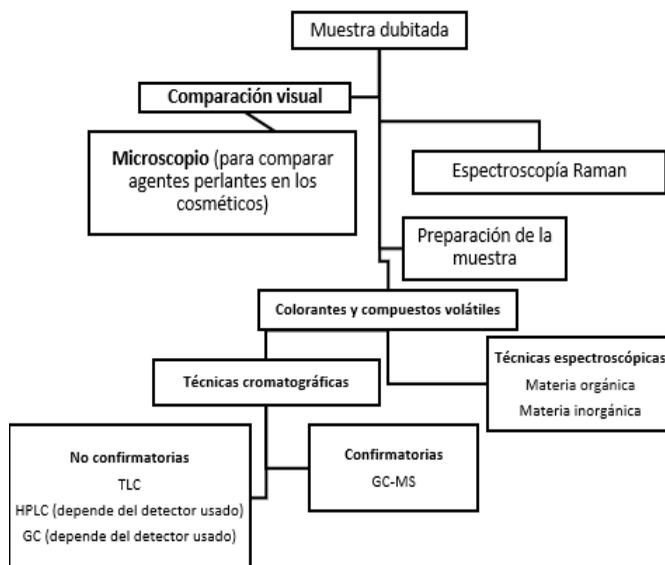


Fig. 2 Elaboración propia de vías de análisis

4.1. Comparación Visual

Se trata de que el analista compare la muestra dubitada con la muestra indubitada basándose en el tono de color principalmente. Esta técnica se muestra muy poco reveladora a la hora de formar posibles compatibilidades, pero su potencial reside en su poder de exclusión, ya que si una muestra difiere muy notablemente de color respecto a la otra (pensemos en pintalabios color marrón y otro color rojo cereza) podría asegurar con certeza que se trata de productos distintos (sin perjuicio de poder realizar más análisis). Por otro lado, el analista puede valerse de los distintos tipos de microscopios disponibles para observar aspectos como los agentes perlantes, lo cual ayudaría a dar mayor solidez a las posibles asociaciones y exclusiones entre muestras.

➤ TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS

Debemos decir que las técnicas cromatográficas (del griego *chroma-graphia*, escritura en color) son las reinas en el campo del análisis de la evidencia cosmética por varios motivos: la gran mayoría de ellas son simples, rápi-

das, de bajo coste, versátiles y requieren una muestra relativamente pequeña. Su uso respecto del total de técnicas empleadas supera ampliamente al resto, copando en torno al 60% de los análisis empleados para estos fines [3].

Sus orígenes se remontan al año 1906, momento en que el biólogo ruso M.S Tsweet consiguió separar los distintos componentes coloreados de un extracto vegetal (aunque hoy en día pueden ser usadas para sustancias incoloras que posteriormente son nebulizadas con un compuesto - por ejemplo el yodo- que reacciona con la muestra y emite fluorescencia bajo determinadas longitudes de onda, como la UV) [9].

4.2 TLC (Thin Layer Chromatography)

Se trata de uno de los análisis más utilizados por los analistas forenses cuando de lo que se trata es de analizar una evidencia cosmética debido a que cumple en gran parte todos los postulados que forman el método ideal de análisis (rápido, reproducible, barato, necesidad de poca muestra o sin preparación de muestra y no destructivo). Consiste en la separación de los componentes de la muestra (habiendo retirado previamente ceras y grasas en el caso de pintalabios, ya que interfieren en los resultados) sobre una delgada capa de fase estacionaria (normalmente una placa de sílica gel). La muestra, en cantidades muy pequeñas (menos de 10 µg), se coloca en un extremo de la placa a unos 2 cm del borde inferior. La separación se efectúa en un espacio cerrado que contiene una fase móvil (los forenses utilizan varios disolventes para conseguir la separación deseada, desde cloruro de metileno para colores solubles en aceite hasta acetona, el cual ha demostrado ser uno de los mejores para separar los componentes de los pintalabios), la cual asciende por la placa gracias al efecto de capilaridad. Cuando la fase móvil asciende hasta 2-3 cm del borde superior de la placa la separación se detiene [10]. Posteriormente se comparan los factores de retención de cada muestra con la muestra a comparar (pero esta técnica adolece de que los resultados entre distintas muestras pueden ser muy similares debido a que los componentes utilizados por los fabricantes suelen ser muy parecidos - algunos autores como A. Srivastava [5] han encontrado el mismo factor de retención en 5 de las 10 muestras de pintalabios analizadas-, es por ello que debe utilizarse como una técnica no confirmatoria, sino presuntiva).

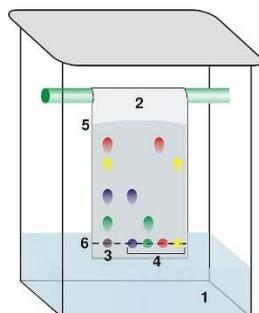


Fig.3 Reproducción de TLC

4.3. HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

Esta técnica de separación se basa en la distinta distribución de los componentes de una muestra entre dos fases: una fase estacionaria, situada en el interior de un tubo estrecho o columna y una fase móvil líquida que se mueve a través de la primera, arrastrando en su movimiento a la muestra [10].

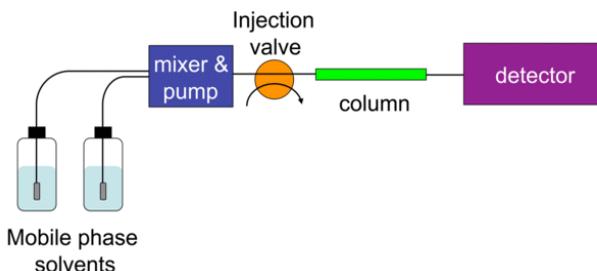


Fig. 4 Reproducción de HPLC

Es ampliamente utilizada en áreas como la farmacológica, la industria alimentaria y biotecnológica. En el caso que nos atañe, la HPLC es usada para la separación de muestras y para una determinación cualitativa (también cuantitativa) de sus componentes. Se emplea para discriminar distintos cosméticos basándose en el cromatograma característico generado para cada uno.

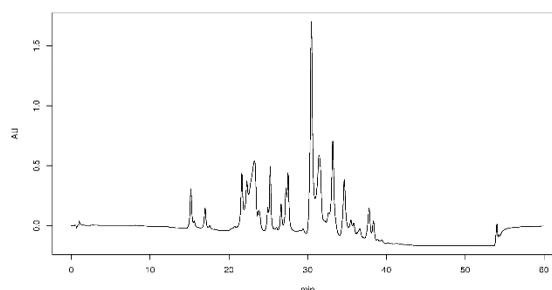


Fig. 5 Cromatograma ejemplificativo

Para el caso de cosméticos, es utilizado para detectar sustancias como filtros UV, antioxidantes, conservantes, agentes blanqueadores, etcétera. En contraposición a la TLC, mencionada en el apartado anterior, esta técnica requiere más muestra (entre 30-50 µg), más tiempo de análisis y el riesgo de que los materiales colorantes empleados interfieran en los resultados (es por ello que se recomienda utilizar papel de filtro blanco para mitigar esa interferencia) [6].

Respecto a la pregunta de si un pintalabios sin utilizar presentaría el mismo cromatograma que un pintalabios utilizado, Reuland y Trinler realizaron un estudio [11] para comprobarlo. Detectaron que tras una hora y media algunos picos del cromatograma desaparecían (debido a la evaporación de compuestos volátiles y aquellos mezclados parcialmente con agua) e incluso en otros aparecían nuevos picos. En conclusión, debe tomarse con mucha precaución el cromatograma resultante de esta técnica en

caso de un pintalabios ya usado.

4.4 GC (Gas Chromatography)

En cromatografía de gases la separación de los componentes de la muestra problema se lleva a cabo en base a su distinto reparto entre una fase gaseosa que fluye (fase móvil o gas portador) y una fase estacionaria (que suelen ser columnas de capilares o tubulares abiertas) [10].

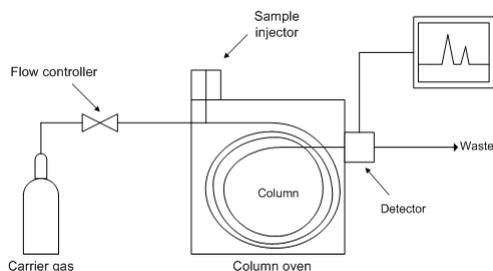


Fig. 6 Reproducción de Cromatógrafo de gases

Esta técnica es utilizada para analizar los componentes orgánicos volátiles de los productos cosméticos. Con la llegada de las columnas de capilares en conjunción con un horno que proporciona una temperatura estable, se ha permitido discriminar aquellas ceras con gran peso molecular (un pintalabios está formado hasta en un 15% por ceras). Este poder de discriminación resulta muy útil si tenemos en cuenta que los fabricantes utilizan diferentes combinaciones de ceras (de abeja, de carnauba) en proporciones variables, lo cual muestra distintos y complejos cromatogramas. El problema reside en que con el aumento del número de fabricantes algunos cromatogramas se vuelven indistinguibles, en especial aquellos que utilizan ceras similares en sus productos, lo cual limita el poder de discriminación de esta técnica. El potencial de esta técnica está muy limitado en función del detector usado y es más recomendable su uso combinado con otras técnicas que permitan una mayor discriminación entre muestras.

4.5. GC-MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry)

Esta técnica no es más que un cromatógrafo de gases (GC) acoplado a un espectrómetro de masas (MS), mediante el cual se pueden separar, identificar y cuantificar mezclas complejas de sustancias químicas [12].

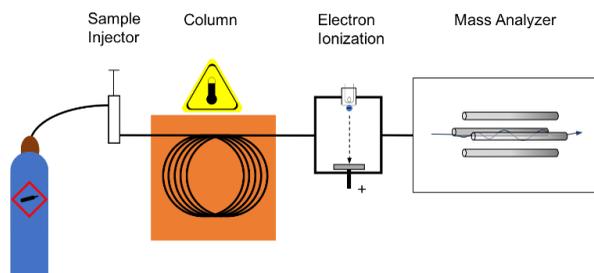


Fig. 7 reproducción de Cromatógrafo de gases con espectrómetro de masas acoplado

Ha sido satisfactoriamente empleada en el análisis de cremas y perfumes, pintalabios, eyeliners y esmalte de

uñas, pero su potencial de discriminación es limitado por aquellos productos que han sido fabricados con componentes muy similares. En algunos estudios [13] fueron analizados 21 brillos de labios y solo 6 mostraron un único patrón iónico; además, el coste de la instrumentación es alto.

➤ TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS

Los métodos espectrométricos o técnicas espectroscópicas son aquellos empleados en química que se fundamentan en la interacción de la radiación electromagnética, u otras partículas, con un analito (nuestra muestra problema) para identificarlo o determinar su concentración. En estos casos, el instrumento que realiza tales medidas es un espectrómetro o espectrógrafo.

4.5. Espectroscopía Infrarroja

La espectroscopia infrarroja (espectroscopia vibracional) implica una interacción de radiación infrarroja con la muestra que deseamos analizar. El método de la espectroscopia infrarroja se realiza con un instrumento llamado espectrómetro infrarrojo (o espectrofotómetro) que produce un espectro donde puede observarse la absorbancia de la luz infrarroja en función de la longitud de onda empleada en la muestra.

Se ha descrito esta técnica como útil por sus buenos resultados en este campo y la necesidad de una muestra de tamaño muy reducido. Produce un análisis rápido y los resultados de este son altamente reproducibles. El uso más importante descrito en el análisis de muestras cosméticas ha sido en la identificación de componentes orgánicos (grupos funcionales) debido a que su espectro es generalmente complejo y nos da muchos valores que pueden ser usados para discriminar entre muestras.

La aplicación de herramientas estadísticas como el Análisis de componentes principales, Análisis Clúster o el Coeficiente de Correlación a esta técnica ha permitido incrementar el poder de discriminación de este análisis, ya que espectros similares para el ojo humano pueden ser clasificados y agrupados con ayuda de estas herramientas, lo cual hace que los resultados y compatibilidades sean más objetivos.

4.6. Espectroscopía Raman

Nos encontramos ante una técnica analítica que permite la identificación molecular no destructiva de nuestra muestra dubitada, siendo altamente valiosa por ello. Permite incluso la identificación molecular de la muestra dubitada aun encontrándose ésta en un soporte de plástico transparente, como una bolsa de almacenamiento de pruebas.

La técnica consiste en hacer incidir una longitud de onda concreta sobre nuestra muestra. La luz atravesará las moléculas dando en su salida una longitud de onda igual que la que la incidió (recibe el nombre de *Rayleigh* y no aporta información sobre la composición de la muestra) y una pequeña porción de longitud de onda diferente (llamada *Raman*, que es la que nos aporta información sobre la composición molecular de nuestra muestra), mostrando

un espectro único que posteriormente será comparado con el de nuestra muestra indubitada.

Respecto a su aplicabilidad en lo que nos concierne, en un principio se probó excitar muestras de pintalabios con 632.8 nm, pero las ceras y aceites interferían con los resultados, mostrando solo 15 espectros únicos de las 62 muestras usadas [4]. Posteriormente se probó con 780 nm y resultó que el 95% de 80 pintalabios mostró diferencias, por lo que se ha mostrado esta longitud de onda como adecuada para analizar muestras de pintalabios, que unido a su rapidez, reproducibilidad y sensibilidad hace de ella una gran técnica para emplear en evidencias cosméticas.

Otros autores como J. Went et al. [4] han mostrado que esta técnica es capaz de analizar muestras con una degradación de dos años, mostrando 15 muestras de pintalabios de las 20 analizadas el mismo espectro pasado ese tiempo. También se ha rebelado muy útil para analizar una muestra sobre distintos soportes, mostrando también variaciones muy pequeñas, a excepción de las muestras de pintalabios sobre cigarrillos, ya que estos últimos han sido tratados con dióxido de titanio (un agente blanqueador) y algunos cosméticos también lo contienen, por lo que se debería descartar el uso de esta técnica cuando el soporte es un cigarrillo por aparecer sobrerrepresentado este elemento.

5. CONCLUSIONES

El mundo real dista mucho de ser un ordenador que arroja un resultado rápido, preciso y fiable, y aunque falta por descubrir la técnica analítica ideal, hay algunos firmes candidatos que se posicionan como tal, como la espectroscopía Raman o el ATR-FTIR.

Por otro lado, facilitaría mucho el trabajo de los analistas la creación de una librería de datos compartida donde los fabricantes vertieran sus documentos sobre la caracterización, composición y propiedades de sus distintos productos cosméticos; así como la posibilidad de que estos mismos fabricantes añadiesen componentes conocidos en cantidades también conocidas que sirvieran de identificador único para un producto concreto.

REFERENCIAS

- [1] Tying lipstick smears from crime scenes to specific brands, <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2016/march/lipstick-forensics.html>
- [2] P. Romanowsky, Forensic science and cosmetics <https://chemistscorner.com/forensic-science-and-cosmetics/>
- [3] R. Chophi, S. Sharma, S. Sharma, R. Singh, "Trends in the forensic analysis of cosmetic evidence", *Forensic Chemistry*, no. 14, 2019.
- [4] M.J Went et al., "Application of Raman spectroscopy for the differentiation of lipstick traces", *Analytical Methods*, vol. 5, no. 20, 2013.
- [5] A. Srivastava, "Lipstick Stain: A Silent Clue for Criminal Identification", *International Journal of Humanities and Social Science Invention*, vol. 2, no. 12, 2013.
- [6] J. Andrasko, "Forensic analysis of lipsticks", *Forensic Science*

International, no. 17, 1891.

- [7] E. Bergslien, *An introduction to Forensic Geoscience*, pp. 11-12, 2012.
- [8] R. Morrish's, "The Police and Crime-Detection Today", *Oxford University Press*, 1940.
- [9] M.J Gismera, *Introducción a la cromatografía líquida de alta resolución*, 2012.
- [10] I. Sierra, et al., *Prácticas de análisis instrumental*, Dykinson, 2008.
- [11] D.J Reuland, W.A Trinler, "A comparison of lipstick smears by high performance liquid chromatography", *J. Forensic Sci. Soc.*, vol. 20, no. 2, 1980.
- [12] Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS), <http://www.bris.ac.uk/nerclsmf/techniques/gcms.html>
- [13] M. Zellner, L. Quarino, "Differentiation of twenty-one glitter lip-glosses by pyrolysis gas chromatography-mass spectroscopy", *J. Forensic Sci.*, vol. 54, 2009.
- [14] F. Salahioğlu, M.J. Went, "Differentiation of lipsticks by Raman Spectroscopy", *Forensic Sci. Int.*, no. 223, 2012.



Jesús Palomino Marchena cursa actualmente el quinto curso de Derecho y Criminología en la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla).