

LAS CÉLULAS EPITELIALES: EVIDENCIA IMPORTANTE EN CASOS FORENSES

EPITHELIAL CELLS: IMPORTANT EVIDENCE IN FORENSIC CASES

Pérez Vergara D.
Asesor criminalístico.
Laboratorio de Criminalística "LABOCAR". Carabineros de Chile. III Región Atacama
Chile.

Correspondencia: d.perezvergara@gmail.com

Resumen: Las células epiteliales son trazas biológicas que, a pesar de no ser observables a simple vista, cada vez poseen mayor importancia en los casos forenses. Esto cobra mayor importancia cuando no se encuentran en el sitio del suceso otras evidencias como huellas dactilares óptimas para cotejo que permitan la identificación más rápida de los involucrados en un hecho delictivo y que significan un menor costo de análisis. De igual forma, la ausencia de fluidos biológicos que involucran un hallazgo comúnmente de mayores concentraciones de material genético, permitiendo la realización de análisis de ADN para comparación con perfiles genéticos de sospechosos. El presente trabajo se dedica a dar a conocer a las células epiteliales como indicio biológico útil para ser levantado en el sitio del suceso y muestra los distintos hallazgos de investigadores en relación a su recolección desde diversas superficies en las cuales quedan depositadas. Además, se citarán algunas técnicas para su obtención y se mencionarán estudios que han evaluado condiciones a tener presente al momento de su levantamiento, puesto que una pérdida de concentración o mala recolección de estas células desde la escena del crimen podría significar no obtener una cantidad suficiente de material genético para ser amplificado y con ello, no ser posible de comparar con una muestra indubitada de la víctima o victimario.

Palabras clave: células epiteliales, perfil genético, ADN, ciencias forenses, identificación.

Abstract: Epithelial cells are biological traces that, despite not be visible to the naked eye, are increasingly important in forensic cases. This becomes more important when others evidences were not found at the site of the event, such as optimal fingerprints for comparison, allowing a faster identification of those involved in a crime and which mean a lower cost of analysis. Similarly, the absence of biological fluids that involve a finding of higher concentrations of genetic material, allowing the performance of DNA analysis for comparison with genetic profiles of suspects. The present work is dedicated to the knowledge of epithelial cells as biological evidence useful to be raised at the crime scene and shows the different findings of researchers in relation to their collection from various surfaces, in which these are deposited. In addition, some techniques for obtaining them will be cited and studies will be mentioned that have evaluated conditions to have them present at the moment of their lifting, since a loss of concentration or poor collection of these cells from the scene of the crime, could mean not obtaining an amount enough of genetic material to be amplified and thus not be possible to compare with an indubitable sample of the victim or offender.

Keywords: epithelial cells, genetic profile, DNA (deoxyribonucleic acid), forensic science, identification.

INTRODUCCIÓN

Gracias a los avances de la ciencia y la tecnología hoy en día es posible la realización de análisis genéticos mediante pequeñas cantidades de ADN, que son suficientes para identificar a un sospechoso, una víctima o vincular a una persona en la escena de un crimen. Lo anterior es posible mediante el cotejo de perfiles de ADN, que es una herramienta de uso común en el análisis de rastros biológicos, como por ejemplo manchas correspondientes a muestras de fluidos biológicos tales como sangre y semen, que se encuentran en gran parte de casos de delitos graves como homicidios y violaciones, en los cuales es probable obtener perfiles genéticos de buena calidad en general y aptos para la interpretación de resultados. Sin embargo, en la actualidad no sólo se pueden obtener perfiles genéticos de los fluidos biológicos que poseen en su mayoría concentraciones altas de células, sino ahora es factible obtener perfiles de ADN para cotejo a partir de escaso material celular que fue transferido de la piel de un individuo que simplemente ha tocado un objeto, como es el apoyo en una superficie con las manos o el roce de alguna zona de la piel con una prenda de

vestir. Esto podría ser contacto suficiente para transferir pequeñas cantidades de células que son parte del denominado tejido epitelial y que aportan material genético, que si se encuentra en concentraciones mínimas suficientes y no ha sufrido fenómenos como de degradación, podrían contribuir a la resolución de hechos criminales. (1)

TEJIDO EPITELIAL PROTECTOR

Como es sabido, a pesar de la gran variedad de estructuras dentro de las células humanas, ninguna de ellas puede llevar a cabo por sí sola todos los procesos del cuerpo humano, por lo tanto éstas se ensamblan para formar unidades de mayor tamaño denominados tejidos; siendo un tipo de estos – al cual nos referiremos en el presente trabajo – el denominado tejido epitelial. Este es el encargado de proteger el medio interno del organismo y regular el intercambio de materiales entre este y el externo. Se divide en cinco subtipos funcionales, denominados de intercambio, transporte, ciliado, secretor y protector; siendo este último al que nos referiremos de ahora en adelante.

El tejido epitelial protector se encuentra en la superficie del cuerpo y en las aberturas de las cavidades corporales, cubriendo las superficies expuestas como la piel y actuando también como barrera para mantener el agua dentro del cuerpo y los invasores, como las bacterias, afuera. Protege también las zonas sujetas a estrés químico y mecánico. Es un tipo de tejido estratificado, es decir, está compuesto por muchas capas de células superpuestas, siendo ejemplo de este tipo de epitelios, la epidermis, el recubrimiento de la boca, la faringe, esófago, uretra y vagina (2). En consecuencia las células que forman parte de tejidos epiteliales protectores tienen una vida media de 36 horas aproximadamente, debido a que las capas más profundas generan permanentemente nuevas células que desplazan hacia la superficie a las más viejas, esto les sucede por ejemplo a las células que conforman la capa más externa de la piel denominada epidermis (3), allí las células avanzan hacia las capas cercanas a la superficie corporal, descamándose progresivamente durante la regeneración de los epitelios. (4)

Así, gracias al proceso fisiológico que involucra “pérdida o eliminación natural” de células de piel, junto con las técnicas y actuales tecnologías que poseen los laboratorios de análisis genéticos, es posible en la actualidad obtener el perfil genético del donante de las células epiteliales, puesto que la superficie de la piel humana contiene aproximadamente dos millones de células, de las cuales una media de 700 se desprende o descaman cada segundo (4).

CÉLULAS EPITELIALES COMO INDICIO FORENSE:

Fue en un estudio en el año 1997 cuando se dio a conocer que los perfiles de ADN podrían generarse a partir de objetos tocados con las manos, proporcionando una nueva herramienta para las investigaciones de la escena del crimen. En aquella investigación limpiaron diversos objetos y áreas específicas de las manos por medio de hisopos de algodón humedecidos con agua estéril. Posteriormente llevaron a cabo los análisis genéticos y lograron comparar éstos resultados con los obtenidos desde muestras de sangre o bucales de participantes, mostrando en las pruebas iniciales que fácilmente se podían obtener perfiles genéticos correctos a partir de hisopos levantados directamente desde la palma de una mano e inclusive se dieron cuenta, que había una diferencia en la concentración de ADN desde las muestras obtenidas desde manos secas y las que habían sido lavadas recientemente, ya que estas últimas proporcionaban una menor concentración de ADN (5).

Lo anterior fue el comienzo de los estudios que involucraron el levantamiento de células epiteliales, conduciendo a ensayos de recolección de ADN a partir de un amplio rango de evidencias, correspondientes a células epiteliales depositadas en objetos inanimados que usualmente se hallan en escenas de crímenes y que se pueden clasificar de acuerdo al tipo de superficie del que están compuestos, diferenciándose en objetos cuya superficie es porosa y no porosa.

Ejemplos de células epiteliales en superficies porosas

Varias son las publicaciones, en las cuales científicos han realizado ensayos para determinar qué objetos o materiales son una buena fuente de células epiteliales para ser consideradas como evidencias en casos forenses, siendo un tipo de estos los objetos compuestos por superficies porosas, como aquellos elaborados de material textil o telas. Un ejemplo de estos objetos que podrían llegar a ser evidencias relevantes en una investigación se llevó a cabo en un estudio que evaluó la posible transferencia de ADN por contacto normal con las ropas de cama, cuando una persona duerme sobre ellas. En este trabajo participaron voluntarios que durmieron una noche en su propia cama con una nueva sabana inferior y también cuando los mismos voluntarios durmieron una noche en una cama extraña para ellos. Posteriormente se analizó las muestras de las sábanas mediante análisis de ADN y se obtuvo como resultado que el perfil de ADN de un individuo sí se puede obtener de la ropa de cama después de dormir una noche en ella. Además, encontraron mezclas de perfiles de ADN en las sábanas de la cama considerada como extraña, hallándose material genético del voluntario y del propietario de la cama (6).

De igual modo, otro estudio se enfocó en prendas de vestir, específicamente en zapatos. Deseaban probar la presencia de trazas de ADN transferido, debido a la presencia de células de la piel depositadas en artículos que habían sido usados o manipulados. Para ello, analizaron la cantidad de ADN recuperado desde manos y pies de diferentes individuos. Y luego, levantaron muestras desde las plantillas de sus zapatos, posteriormente compararon estos perfiles y concluyeron que se puede obtener un perfil de genético desde el interior de un zapato, el cual puede servir para vincular al usuario de un zapato en casos forenses (7).

Ejemplos de células epiteliales en superficies no porosas

De la misma forma, varios son los casos forenses en los cuales, tras no contar con otras evidencias, se tuvieron que considerar para estudio múltiples objetos compuestos por superficies no porosas, como por ejemplo, objetos compuestos de vidrio, madera, plástico, metales, alimentos sólidos, entre otros; los cuales pudieron haber tenido contacto con protagonistas de crímenes.

Uno de los ejemplos de material genético hallado en superficies no porosas quedó demostrado en la investigación de un caso de violación, donde no se halló en el sitio de suceso la presencia de semen, pelo, ni huellas dactilares del autor; sin embargo, se encontró un chupete y un par de gafas, con las cuales se logró la obtención de la huella genética del criminal, quién luego fue llevado a la justicia (8).

Otro estudio utilizó el levantamiento de células epiteliales para obtener el perfil de ADN de una persona desaparecida, analizándose una variedad de objetos personales, incluyendo dos cosméticos de tipo labiales, los cuales dieron perfiles de ADN completos. Además, se llevaron a cabo más investigaciones relacionadas a distintos tipos y marcas de labiales, revelando que este tipo de cosméticos son una excelente fuente de ADN, donde casi el 80% de las muestras analizadas dieron un resultado positivo (9).

De igual forma, lo demostró un caso de homicidio, en el que no se halló ningún rastro en la escena del crimen, ni tampoco señales de asalto sexual en el cuerpo de la víctima. Esto hizo que los investigadores centraran su atención en el interior del vehículo de ésta, lo que los llevo a recoger muestras de posibles residuos de sudor y de piel del asesino, desde la superficie del volante, la palanca de cambios y el freno de mano. Además, días más tarde se envió al laboratorio, para suerte de la investigación, una muestra de hisopado bucal de un sospechoso para ser analizada. Obteniéndose como resultados genéticos de las muestras, un perfil masculino completo de los residuos de sudor/piel

recogidos de la superficie del vehículo, el cual, resultó ser el mismo perfil de ADN de la muestra bucal del sospechoso, quien después confesó el crimen (10).

Sin embargos, las citas anteriores, no han sido las únicas investigaciones dadas a conocer en relación a material genético obtenido desde células depositadas por contacto con superficies no porosas; otro ejemplo de ello, son trabajos relacionados a casos de violencia sexual, en los cuales han encontrado que muestras levantadas desde el interior de preservativos usados, donde no hubo eyaculación, también se halló material genético del usuario, siendo un hallazgo relevante para las investigaciones de delitos sexuales (5).

Por otro lado, estudios basados en casos de tráfico de drogas y sustancias ilícitas, han analizado la recuperación de perfiles de ADN identificables a partir de bolsas de plástico con cierre hermético, las cuales sirven para su almacenamiento. Ellos realizaron un estudio retrospectivo de 183 muestras procedentes de este tipo de bolsas y obtuvieron como resultado que el 14% se podían vincular a una persona por medio del material celular recuperado desde las bolsas de polietileno, demostrando que el análisis de ADN puede ser un método valioso para identificar a la persona que ha dejado el material celular en una bolsa de plástico y que puede estar vinculada a la venta de sustancias ilícitas (11).

Otro ejemplo de evidencias compuestas por superficies no porosas son las armas de fuego, las cuales son halladas comúnmente en delitos contra la vida, siendo estas también estudiadas con respecto a la tasa de éxito de recuperación de ADN desde las zonas manejadas durante su proceso de carga y descarga. Obteniéndose en un estudio, que el 37% de las muestras experimentales de los lugares exteriores de cuatro armas de fuego consideradas, poseían cantidades de ADN adecuadas para su posterior procesamiento. Siendo la recuperación de material genético más exitosa, desde las empuñaduras de las armas de fuego (80%) y desde las estrías de deslizamiento de la pistola (el 87,5% de los ensayos) (12).

En consecuencia, después de leer los ejemplos anteriormente citados, es posible darse cuenta, que con el hallazgo de las células epiteliales como material biológico depositado en diversos objetos inanimados de distinto tipo de superficies, hubo un gran aumento de levantamientos de este tipo de evidencias, logrando un crecimiento en la realización de análisis genéticos en las investigaciones de una amplia gama de delitos como robos, homicidios, asaltos, delitos sexuales, entre otros, logrando aportar en su resolución.

Sin embargo, estos estudios también han llevado a analizar el depósito de este tipo de células por transferencia no solo en objetos, sino también por medio del contacto de la piel de un ser humano con otro. Siendo ejemplo de esto, un estudio en el que se investigó la transferencia y capacidad de permanencia del ADN humano tras simular una estrangulación manual, en el cual, realizaron experimentos separados, utilizando la combinación de víctima-delincuente (femenina-masculino), para observar si el material genético se transfirió tanto de los dedos del delincuente al cuello de la víctima y viceversa. Encontrándose ADN en el cuello de la víctima, tanto de su procedencia como del delincuente, aunque se discute si esto es posiblemente debido al contacto principal o un evento de transferencia secundaria/terciaria, poniendo de relieve el problema de la contaminación de las manos del delincuente y el cuello de la víctima con el ADN de terceros, cuya presencia según los autores, podría tener un resultado significativo tanto para la autoridad investigadora y la defensa (13). Otro ejemplo similar, es uno de los ensayos efectuados en un estudio antes mencionado, en el que se tomaron muestras desde las superficies de manos, antes y después de una apretón de manos, el cual duró un minuto, revelando la transferencia del ADN de un individuo a otro, indicando que tal como existe transferencia hacia un objeto al tocarlo, existe posibilidad que después de un contacto con otra persona, como lo es un apretón de manos, la

otra persona puede transferir material genético hacia un objeto, el cual puede ser procedente tanto de sus células, como de las células de la persona con quien se dio la mano (5).

TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO DE MUESTRAS DE CÉLULAS EPITELIALES

Como ya ha sido mencionado, muchas veces en escenas de crímenes se encuentran objetos de los que podría ser relevante saber su procedencia, o quién los ha manipulado, por ejemplo identificar a quién utilizó una prenda o quién manipuló un arma, es por esto que se hace necesario contar con las mejores formas de levantar este tipo de muestras, las cuales, se consideran trazas, puesto que como sabemos la cantidad de células epiteliales podría ser mínima, ya que la transferencia y su conservación en una superficie depende de muchos factores, por lo tanto, al momento de proceder a su recolección, se requiere del conocimiento de la técnica más óptima o con mayor probabilidad de levantar la mayor cantidad de células epiteliales, si es que éstas se encontraran presentes. Es por esto, que su levantamiento por un funcionario entrenado que acude al sitio del suceso, o después por un perito en el laboratorio (en el caso de evidencias transportables), es un momento relevante, puesto que el paso de decidir de qué zona tomar una muestra y levantarla, el cual puede ser tan sencillo para algunas personas, se convierte en una etapa de gran importancia, puesto que de ella depende la concentración de ADN extraído para su posterior amplificación, y con ello, la obtención de un perfil genético de un participante, de un sospechoso o una víctima. Por lo tanto, se hace imprescindible que el perito deba conocer las técnicas de levantamiento de células epiteliales asociadas a cada tipo de superficies, en las cuales puedan haber quedado depositadas, lo que involucra decidir el lugar del objeto desde dónde levantar la muestra, cómo levantarla, si utilizar o no un soporte y dónde almacenarla posteriormente.

Técnica de levantamiento desde superficies porosas: Prendas de vestir.

En el caso de las evidencias compuestas por superficies porosas, como prendas de vestir y objetos de tela o material textil en general; que son una de las evidencias consideradas por ejemplo en delitos contra la vida y también en aquellos casos de tipo sexual; se han utilizado comúnmente tres técnicas para el levantamiento de células epiteliales, correspondientes a “recolección con cintas adhesivas”, “frotamiento con hisopos de algodón” y “corte de trozos de tela”.

La técnica de muestreo con cintas adhesivas ha sido según algunas investigaciones, la técnica que ofrece la ventaja de permitir una recolección de una fuente altamente informativa de ADN, la que se ha utilizado, para el levantamiento de trazas biológicas desde áreas seleccionadas de distintos elementos de la escena del crimen, sin embargo, una correcta elección es importante, puesto que no todas las cintas adhesivas son adecuadas para la recolección de este tipo de muestras, así como para la extracción de ADN.

En relación a lo anterior, estudios han demostrado que determinadas cintas adhesivas cumplen con los criterios mencionados, dando a conocer en diferentes casos, la utilidad de cintas adhesivas en el muestreo desde artículos delictivos (14). Otros estudios, también se han basado en la escasez de información con respecto a la efectividad de los distintos tipos de cintas, su cantidad para generar perfiles genéticos útiles y su evaluación con respecto a la técnica de frotamiento (hisopo) en diversos sustratos. Para ello, compararon cintas de diferente fuerza adhesiva, las cuales actualmente se utilizan en casos forenses (Scotch® Magic™ y Scenesafe FAST™ minitapes), con el propósito de muestreo de depósitos táctiles en diferentes telas como franela de algodón, tejido de algodón, poliéster/ tejido liso de algodón y poliéster. Determinándose resultados significativamente mayores en la concentración de ADN y la proporción de alelos amplificados a partir de la utilización de la cinta FAST™ con respecto de la cinta Scotch® Magic™. Además, esto se observó a medida que la cinta se reutilizaba en la superficie; aunque se evidenció un umbral

de recogida para ambos tipos de cinta. También se dio a conocer que, en dos de cada cuatro superficies, la grabación con Scenesafe FAST™ recogió más ADN que la técnica de frotamiento con hisopos y para tres superficies, generó un mayor número medio de alelos amplificados. No encontrándose diferencias significativas, en el número de alelos entre la técnica de frotamiento y el levantamiento por medio de cintas adhesivas desde la tela de franela (15).

Sin embargo, las células epiteliales posiblemente presentes en soportes porosos pueden ser también levantadas mediante corte, es decir, las áreas de interés de una prenda se recortan para recogerlas, pareciendo incluso una buena y más económica opción, puesto que, no se pierden células epiteliales por traspaso y no se gasta dinero en soportes. En consecuencia, muchos son los laboratorios forenses que utilizan esta técnica de muestreo, a pesar que autores dicen, que al igual que la técnica de frotamiento mediante hisopos de algodón, estas técnicas tienen la limitación de sustrato, debido al pequeño tubo que se usa para el procesamiento de ADN. Ya que, hay una cantidad limitada de sustrato que puede ser colocado en esos tubos y el sustrato mismo, puede "Atrapar" algunas células durante el procesamiento, disminuyendo la probabilidad de obtener resultados positivos (16).

También se ha dicho que la técnica de cintas adhesivas es más ventajosa, puesto que los tintes presentes en las prendas vestir, pueden ser inhibidores de la PCR (Reacción en Cadena de Polimerasa) (14).

Todo esto, ha llevado a que algunos laboratorios prefieran el uso de otro método denominado "Scraping", que consiste en el raspado de superficies de artículos blandos y porosos, por medio de una cuchilla de bisturí estéril, recolectándose directamente la muestra en el tubo de extracción de ADN, sin embargo, no se recomienda ésta técnica de raspado, ni la técnica de elevación con cintas adhesivas en las escenas de crímenes, debido a la mayor probabilidad de contaminar la muestra con ADN exógeno, así como también, se debe tener en cuenta el potencial de pérdida de muestra en un ambiente incontrolado, recomendándose que las evidencias sean enviadas al laboratorio para ser examinadas en un ambiente más estéril y adecuado, cuando pueda verse beneficiado el levantamiento de células epiteliales por medio de estas técnicas (16).

Cabe señalar que, a pesar de que no existe unanimidad en cuál de las técnicas utilizar para el levantamiento de células epiteliales en superficies porosas y cada laboratorio decide finalmente qué método usa, de acuerdo a sus criterios, el cual debe evitar la contaminación de las muestras levantadas y favoreciendo la probabilidad de recoger el mayor número de células epiteliales.

Pero sin duda, el aspecto más importante a tener presente es el momento antes del levantamiento de células epiteliales, ya que en éste el experto o perito debe seleccionar los lugares o áreas de donde recogerá estas muestras y lo debe realizar dependiendo de dos líneas de investigación. La primera, es en relación a quién portaba la prenda, siendo habituales las muestras obtenidas desde las partes interiores como lo son cuellos, puños, axilas, cintura, entrepierna, pliegues, el interior de la parte delantera en el caso de una gorra, etc. (17), así como en zonas exteriores de gran rozamiento (tales como los bordes de los bolsillos de las diferentes prendas de vestir). Y la segunda, es en caso de agresión, en torno a las posibles zonas de rozamiento agresor-víctima (18).

Además, debe considerarse que para el levantamiento de este tipo de muestras siempre debe contarse con medidas de protección básicas como guantes y mascarilla para evitar contaminaciones puesto que son muestras muy críticas, ya que parten de unas pocas células para el análisis y la cantidad de ADN que se puede extraer a partir de una prenda – que por lo general no posee manchas aparentes – es mínima, debido a que la reacción de PCR (Reacción de Cadena de Polimerasa) se desarrolla a partir de un bajo número de copias de ADN, por lo tanto los resultados han de interpretarse con especial cuidado (19,20).

Técnica de levantamiento desde superficies no porosas: Objetos manipulados.

Como ha sido mencionado, las células de descamación del tejido epitelial pueden ser depositadas por roce o manipulación de diversos objetos, es por esto que varios grupos de investigadores han estudiado en la práctica las distintas formas de levantar tales muestras, con el fin de obtener siempre mayores cantidades de ADN y con eso lograr perfiles genéticos completos, capaces de identificar a una persona.

Por consiguiente, un número de investigadores ha examinado la transferencia primaria y secundaria del ADN mediante diversas técnicas, como es el uso de un hisopo (bastoncillo con algodón en un extremo) humedecido para la recogida de muestras de ADN desde objetos manipulados (21-23). En cambio, otros investigadores conociendo esta técnica, evaluaron otras posibilidades de recolección para lograr mejorar la obtención de ADN, siendo una de ellas, la técnica de doble hisopo, que fue utilizada inicialmente para la recuperación de células de la piel desde saliva.

La técnica de doble hisopo consiste en utilizar primero un hisopo de algodón húmedo y luego un segundo hisopo de algodón seco, aplicándolo sobre la misma superficie de interés. En un estudio la técnica de doble hisopo mejoró la recuperación de células epiteliales (24). Por esto, un grupo de investigadores decidió discutir esta técnica, evaluar realmente su utilidad y las ventajas que posee para recuperar ADN, realizando ensayos que consideraron células epiteliales desprendidas por contacto, halladas en diversos artículos encontrados en su laboratorio. La técnica consistió primero en preparar los hisopos húmedos sumergiendo el bastoncillo de algodón estéril en agua estéril, después la superficie de los objetos blanco se limpió con el hisopo húmedo y luego por medio de un hisopo seco durante unos 15 segundos utilizando moderadamente fuerte presión y movimientos circulares. Posteriormente los hisopos fueron girados a lo largo de su eje longitudinal, permitiendo a cada lado de los hisopos entrar en contacto con la superficie objetivo. En este ensayo fueron 20 las áreas de las que se tomaron muestras, en donde la humedad que quedó tras el paso del primer hisopo mojado en la superficie fue absorbida por el segundo trozo de algodón seco, siendo finalmente ambos hisopos secados al aire. Los resultados de este trabajo se basaron en cantidad y perfiles de ADN obtenidos a partir de los hisopos húmedos y de los secos; encontrándose muestras de ADN positivas en 16 de los 20 hisopos húmedos y 12 de los 20 hisopos secos. Mostrando perfiles de ADN positivos en aquellas muestras correspondientes a los 12 hisopos secos y resultados negativos en 2 de los hisopos húmedos; lo que indica que la utilización de un único hisopo humedecido podría no ser eficaz para recuperar muestras de ADN desde objetos tocados o manipulados. Además, se encontró que el ADN recuperado por los hisopos secos fue mayor en la cantidad de material genético que los hisopos húmedos (25). Por lo tanto, este estudio permitió concluir que, para los análisis genéticos, esta técnica aumenta la probabilidad de recoger material celular mediante el uso doble, indicando que quizás en el primer paso las células se hidraten y desprendan, complementándose con un segundo paso, en el cual, se realice una recolección y arrastre de células remanentes, permitiendo el levantamiento de una mayor cantidad de células desde este tipo de superficies.

Técnica de levantamiento desde superficies no porosas y estriadas.

Tal como se ha señalado, los investigadores han continuado indagando sobre las técnicas de recolección de células epiteliales para lograr extraer mayores cantidades de material genético y así obtener perfiles de ADN completos. Es por esto, que un grupo de investigadores llevó a cabo un estudio para evaluar la recolección de células desde superficies diferentes a las mencionadas anteriormente, puesto que ellos consideraron que los resultados obtenidos podrían diferir entre tipos de superficies por no ser levantados con los soportes adecuados. Ellos plantearon que hay superficies consideradas con relieves o crestas, en las cuales no todas las técnicas de levantamiento son igual de óptimas para extraer células, como por ejemplo las encontradas en tapas de botellas y armas de fuego. El objetivo de su estudio

fue evaluar seis técnicas de recuperación, que consistieron en un hisopo húmedo, doble hisopo húmedo/seco, doble hisopo seco/húmedo, cepillo, papel filtro y cintas adhesivas. Obteniendo los mejores resultados para la recolección con cintas adhesivas, los cuales fueron significativamente mayores para la cantidad de ADN obtenido a partir del levantamiento de células de una superficie estriada, en relación a las otras técnicas en estudio. Además, no se encontraron diferencias significativas entre las 5 técnicas restantes, aunque en promedio la técnica de cepillo fue la que produjo menor cantidad de material genético, sugiriendo que la utilización de cualquiera de las cinco técnicas, no generarán un valor mayor a la muestra en relación al valor agregado por un levantamiento óptimo, realizado por un examinador competente y dependiendo de la cantidad de ADN presente en la superficie estriada (26).

La tecnología en el levantamiento de células epiteliales: M-VAC sistema de recolección de ADN.

Como se ha señalado anteriormente las técnicas de corte, cinta adhesiva e hisopado son los métodos más comunes utilizados en el levantamiento de células epiteliales desde diversas evidencias halladas en sitios de suceso. Incluso cada técnica podría ser recomendada a un tipo de superficie, como por ejemplo, la técnica de hisopado se asocia más una superficie no porosa con respecto a las otras técnicas. Sin embargo, una de las limitantes para el levantamiento de estas muestras es el tamaño de la superficie a investigar, lo cual en ocasiones puede resultar un problema, puesto que se debe seleccionar desde qué área de un objeto de gran tamaño levantar una muestra o incluso deducir cuál es el lugar más probable que tocó o manipuló el sospechoso de un hecho, el que si fuera muy extenso puede llevar a utilizar un gran número de soportes; involucrando gasto en materiales, mayor tiempo empleado en el levantamiento de la muestra y un aumento también en la probabilidad de contaminación.

En consecuencia, fue por las problemáticas antes mencionadas que surgió una alternativa en el mercado tecnológico, el cual consideró un instrumento para levantar muestras biológicas desde diversas superficies, el denominado sistema húmedo de vacío (M-VAC). Este dispositivo tuvo su uso previo en el área microbiana como muestreador que incorpora el principio de desprendimiento microbiano y captura de líquidos para recoger de manera más eficiente los microorganismos superficiales desde cualquier tipo de superficie. Este instrumento fue considerado para evaluar la optimización de colección biológica humana desde artículos de interés particularmente grandes, puesto que no existía uno disponible para uso forense. Éste consiste en un sistema de vacío, un dispositivo de colección-auricular, una botella para la muestra y un tampón estéril. Su funcionamiento comienza cuando el tampón es aspirado sobre la superficie a analizar y al mismo tiempo el vacío recoge el tampón y cualquier material celular presente en la superficie (27).

Cabe señalar que M-VAC ha sido usado para la obtención de perfiles genéticos provenientes de fluidos biológicos tales como sangre en diversas superficies (27), se ha aplicado en el muestreo de saliva seca en superficies porosas y no porosas, arrojando resultados significativamente más altos de concentraciones de ADN en muestras extraídas desde manchas de saliva seca en madera laminada, en comparación con la técnica de frotamiento con hisopos de algodón. Sin embargo, otros resultados no fueron significativos en superficies no porosas como el vidrio. Además, en relación a superficies porosas, se compararon rendimientos de concentración de material genético entre superficies como tela de algodón (camiseta) y toalla (tela de toalla), recuperándose tres veces más ADN proveniente de manchas de saliva depositada en la tela de algodón, demostrando que las propiedades de absorción de la superficie afectan también el muestreo de este sistema, lo cual, se comprueba al comparar los resultados de acuerdo al tipo de superficies, ya que se ha hallado menos ADN recuperado desde materiales porosos en comparación con madera laminada y vidrio antes citados (28).

De igual forma, se ha evaluado la obtención de material genético proveniente de células epiteliales depositadas en prendas de vestir, permitiendo la generación de perfiles de ADN completos desde prendas como pantalones y camisetas de algodón, incluso en estudios no sólo se halló el perfil genético del portador de la ropa sino una mezcla de perfiles, los cuales podrían atribuirse a personas cercanas como familiares (28).

También ha sido evaluado el sistema M-VAC en relación a ADN procedente de células epiteliales depositadas por toque o contacto, como es el caso de que un “agresor” presione su mano contra el hombro de una víctima (cubierto por una camiseta), en este caso, encontraron una mezcla de perfiles genéticos de ambos, siendo mayoritario el correspondiente al perfil del portador o víctima, indicando que quizás otra técnica tenga un resultado más óptimo (28).

Sin embargo, una investigación más actual, evaluó un caso similar, en el cual se exploró la recuperación de ADN toque por medio de la utilización de la técnica de corte de tela y la comparó con los resultados obtenidos por la recolección de ADN a través de sistema M-VAC. Siendo el objetivo de este estudio determinar qué método daba mayor rendimiento de ADN. Esto fue evaluado por medio del análisis de las cantidades relativas de ADN masculino y femenino obtenidos desde la ropa usada por la mujer y el agarre realizado por el hombre con la intención de imitar un asalto. Los resultados de este trabajo experimental arrojaron un promedio de ADN masculino de 1,5 ng y 14 ng para las muestras obtenidas producto de la técnica de corte y de las muestras levantadas por el sistema M-Vac, respectivamente, cuando el hombre agarró la camisa con las manos secas. Y un promedio de ADN masculino de 4,5 ng y 25 ng para cortes y muestras de M-Vac, respectivamente, después que el hombre agarró la camisa con manos sudorosas. En este estudio, el instrumento M-Vac fue significativamente más eficaz en la obtención de ADN táctil que la técnica de cortes de tela, lo que podría ser útil para recuperar muestras de ADN de contacto como evidencia en casos forenses (29).

Pero no solo se ha evaluado el M-VAC en el levantamiento de células epiteliales desde superficies grandes e inanimadas, sino también se ha evaluado la recuperación celular depositada por contacto directamente con la piel de una persona, específicamente en el caso de delitos sexuales, en el que resulta muy importante buscar todo tipo de evidencia biológica que pueda dar con el agresor, puesto que en muchos casos por la modalidad del delito o por la eliminación de evidencia relevante por parte de la víctima antes de la denuncia, no se logra la obtención de células espermáticas u otros fluidos biológicos de interés, que puedan servir para realizar análisis y obtener el perfil genético del culpable. En consecuencia, un grupo de investigadores con el propósito de ayudar a resolver delitos de tipo sexual, en los cuales la víctima por razones de higiene después del crimen se ducha, eliminando restos biológicos del autor del delito depositados en su cuerpo y que en ocasiones son la única fuente de material biológico que pueden ayudar a descubrir la identidad del autor. Éstos quisieron investigar la posibilidad de obtener ADN procedente de restos de saliva depositada en diversas partes corporales de una “víctima” (cuello, brazo, abdomen y piernas) después de un “delito sexual”, luego que ésta tomará una ducha y para ello, evaluaron las técnicas de levantamiento de células epiteliales correspondientes a la técnica de frotamiento a través de hisopos y al sistema M-VAC, comprobando que con ambas técnicas de recolección, fueron capaces de obtener ADN de saliva masculina a partir de al menos una región del cuerpo de la víctima después de que ella se había duchado. No encontraron diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de ADN recogido entre la técnica de hisopado y la del sistema M-VAC. Además, cabe señalar que mediante el análisis STR autosómico no se pudo detectar el ADN del factor masculino, por lo tanto, fue utilizado el análisis de Y-STRs, el cual arrojó resultados de perfiles genéticos completos y parciales (30).

DISCUSIÓN

Después de leer los diversos estudios que involucran al tejido epitelial en casos y estudios forenses, debe ser ya deducido por el lector que la cantidad de células epiteliales depositadas en una superficie ya sea por roce o manipulación es impredecible, puesto que en los seres humanos este proceso de pérdida celular varía ampliamente. Incluso si tomamos en cuenta las diferencias fisiológicas entre nosotros podríamos definir la existencia de “buenos” y “malos” donantes, considerando que los primeros son aquellos en los que un simple roce de su piel deja suficiente ADN para obtener su perfil genético, debido a su gran pérdida de células epiteliales, en cambio otros, por las características de su piel, no producen suficiente pérdida celular como para obtener su perfil genético desde una superficie previamente tocada o bien se necesita mucho más rozamiento para obtener la misma cantidad de ADN en comparación con los anteriores (18). Siendo esta la característica que condiciona principalmente el análisis de ADN, puesto que es imposible predecir cuántas células se perdieron y por ende, cuánto material celular se puede obtener por un simple roce con un objeto.

Cabe señalar que una misma persona puede también perder distinta cantidad de células epiteliales al manipular un mismo objeto o distintos, debido a la sudoración. Siendo ella la principal razón que condiciona a los peritos forenses a trabajar de la mejor forma, buscando las óptimas herramientas o técnicas para levantar adecuadamente este tipo de evidencias, puesto que en la mayoría de las ocasiones se encuentran en concentraciones mínimas y deben levantarse desde las superficies idealmente en su totalidad; ya que se requiere contar con ADN suficiente para los procesos de extracción y posterior amplificación, los cuales permitan obtener un perfil genético completo o parcial que sirva para vincular a un persona con un delito.

Sin embargo, ser un “buen” o “mal” donante de células epiteliales no es el único factor que condiciona la cantidad de estas que pueden quedar depositadas en objetos, puesto que son varios los factores que pueden influir, por ejemplo el tipo de superficies que componen dichos objetos. Teniendo en cuenta esto, se ha evaluado la variación de ADN transferido desde manos a superficies como vidrio, tela y madera, demostrando una diferencia significativa entre los tres tipos de objetos estudiados; evidenciándose que, en términos de transferencia y recuperación de ADN, la madera dio el mejor rendimiento, seguido la tela y luego el vidrio (31).

También es muy importante, cuando se trabaja con este tipo muestras, el plantearse cómo habrá llegado a ese objeto el material genético de un sospechoso, de una víctima o una persona en particular; puesto que no solo debe creerse que porque se encontró material genético procedente de células epiteliales de una persona en un objeto esa persona es el culpable de un delito. La interpretación de estos análisis debe realizarse con mucho cuidado y siempre acompañado de otras pruebas, puesto que debe considerarse la transferencia de material celular y por consiguiente, de material genético. De hecho, investigadores ya han indagado la transferencia de ADN y su persistencia, evaluándolo de forma práctica, demostrando que los perfiles de las personas que manipulan posteriormente un objeto son más prominentes que los manipuladores anteriores. Sin embargo, el último manipulador no siempre es el principal contribuyente del perfil genético, más bien, los perfiles recuperados de los objetos varían dependiendo de los individuos que lo toquen. También pueden variar cuando los objetos han sido manipulados de la misma manera por los mismos individuos en diferentes ocasiones. Además, se ha encontrado que las manos de una persona cuando tocan un objeto recogen fácilmente ADN depositado por otras personas y este material genético de otros, lo transfieren a objetos posteriormente manipulados (32). De igual forma, otras investigaciones han concluido que el porcentaje de contribución (concentración de ADN) del primer usuario con respecto al segundo usuario de un objeto disminuye de forma lineal con

el tiempo. La recuperación del perfil genético del usuario inicial del objeto depende del tipo de sustrato y del uso del objeto (33,34).

Otro punto importante a considerar, en relación al levantamiento de este tipo de muestras biológicas en sitios del suceso, que es imposible que una persona no deje restos celulares u otros fluidos biológicos, aunque se utilicen guantes u otros objetos como protección; ya que muchos de los elementos utilizados en crímenes son llevados por los propios autores para cometer el delito, por lo tanto, antes debieron ser utilizados sin medidas de protección, por ello dependerá de la agudeza del investigador considerar qué evidencias levantará y qué muestras tomar a partir de éstas; considerando todas las opciones posibles, incluso cuando las evidencias han sufrido destrucción por factores ambientales o propios del hecho delictivo; por ejemplo, cuando la evidencia está compuesta por restos de una bomba detonada, donde se ha producido una onda expansiva y los restos han sido expuestos al calor de la explosión (35).

También, como fue mencionado en el presente trabajo, muchas son las técnicas que han considerado y evaluado en la práctica las alternativas de levantamiento de este tipo de células, sin embargo, todavía no se llega a un consenso entre laboratorios forenses en cuál técnica aplicar para cada superficie determinada, más bien, aún se estudian métodos de recolección de células epiteliales. Sin embargo, gracias a la cantidad de investigaciones publicadas, un perito o experto ya puede decidir qué método utilizar que favorezca la investigación y que esté al alcance de su laboratorio. Aunque, de acuerdo a lo presentado en este trabajo, parece que es más apropiado recoger muestras de posibles células epiteliales con la técnica de doble hisopo para superficies no porosas; aplicar la técnica de corte o cintas adhesivas para superficies porosas como tela; la técnica de cintas adhesivas para superficies estriadas y si cuenta el laboratorio con el sistema M-VAC, realizar el levantamiento de muestras con este instrumento desde superficies de mayor tamaño.

Por otro lado, también se debe considerar si se realizará el levantamiento de células epiteliales desde los objetos hallados en mismo sitio de suceso o se preferirá su envío directamente al laboratorio para su recolección, puesto que, si bien depende principalmente del tamaño de las evidencias, también hay que tener presente que la cantidad de material genético puede ser muy crítico y su ubicación en la evidencia puede resultar muy expuesto posibilitando su pérdida; debido a los roces con el contenedor de almacenamiento. Incluso debe tenerse cuidado con el embalaje de las muestras de células epiteliales levantadas, ya que se ha demostrado que cantidades importantes de ADN son frecuentemente transferidas desde las evidencias al interior de envases, desde las áreas de depósito inicial de células epiteliales a otras áreas de la misma evidencia y/o a otros lugares dentro del mismo embalaje. Teniendo en cuenta esto, existe una clara posibilidad de no obtener perfiles genéticos en casos en que el contenido de ADN sí podría haber sido adecuado, pero fue “perdido” por transferencia con el contenedor de almacenamiento o bolsa, lo que podría tener una interpretación errónea del resultado un impacto negativo en la investigación criminal y en el resultado judicial (36, 37).

Finalmente, no se debe dejar de señalar la gran importancia que tienen las medidas de bioseguridad mínimas o básicas con las que debe contar el perito al manipular las evidencias biológicas, en relación a su propia protección como el resguardo de las muestras; que en este caso debe de ser muy riguroso, ya que no deberían existir mala praxis en su manipulación ni se debe encontrar la presencia de contaminación del mismo personal de los equipos forenses. Dado lo delicado que es trabajar con muestras que presumiblemente poseen cantidades mínimas de composición celular, más aún cuando el instrumental utilizado en los análisis se ha vuelto más sensible en los últimos años. Por lo tanto, se requiere de protocolos de trabajo más estrictos y conciencia para minimizar las posibilidades de contaminación, tanto en el laboratorio, como por parte de los funcionarios policiales que acuden a los sitios del suceso. Porque, a pesar de tener un alto grado de conciencia sobre la contaminación, los requisitos para minimizarla no son siempre aplicados por ellos.

Incluso se ha encontrado el riesgo de contaminación por parte del personal policial, realizando monitoreos ambientales de ADN a través de pruebas de limpieza (muestreo de puntos calientes) en unidades policiales grandes, detectándose ADN de funcionarios en estas muestras. Además, se ha evaluado la transferencia de material genético desde el costado externo de contenedores de almacenamiento para evidencias, demostrándose que el ADN presente en el exterior de un embalaje se puede transferir a una muestra durante el examen (38). Todo esto permite darnos cuenta de lo delicado que es trabajar con muestras biológicas y lo importante que es considerar todas las posibles fuentes de contaminación para evitarlas.

REFERENCIAS

1. Wickenheiser, RA. Trace DNA: a review, discussion of theory, and application of the transfer of trace quantities of DNA through skin contact. *J Forensic Sci.* 2002; 47(3):442-50.
2. Silverthorn. Fisiología Humana Un enfoque integrado, 4ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Capítulo 3, páginas 68-75.
3. Serge Paoletti. FASCIAS. El papel de los tejidos en la mecánica humana, 1ra Edición. Editorial Paidotribo, 2004. Capítulo 3 Anatomía Microscópica e Histología, página 139.
4. Hombreiro L. El ADN de Locard Genética Forense y Criminalística. 1ra Edición REUS, S.A (2013). Capítulo III Las evidencias biológicas, paginas 86-90.
5. Van Oorschot RAH, Jones MK. DNA fingerprints from fingerprints. *Nature.* 1997;387:767-10.1038/42838.
6. Petricevic SF, Bright JA, Cockerton SL. DNA profiling of trace DNA recovered from bedding. *Forensic Sci Int.* 2006, 159: 21-26. 10.1016/j.forsciint.2005.06.004.
7. Bright JA, Petricevic SF. Recovery of trace DNA and its application to DNA profiling of shoe insoles. *Forensic Sci Int.* 2004, 145: 7-12.
8. Oz C, Levi J, Novoselski Y, Volkov N, Motro U. Forensic identification of a rapist using unusual evidence. *J Forensic Sci.* 1999, 44: 860-862.
9. Webb LG, Egan SE, Turbett GR. Recovery of DNA for forensic analysis from lip cosmetics. *J Forensic Sci.* 2001, 46: 1474-1479.
10. Pizzamiglio M, Mameli A, My D, Garofano L. Forensic identification of a murderer by LCN DNA collected from the inside of the victim's car. *Int Congress Ser.* 2004, 1261: 437-439. 10.1016/S0531-5131(03)01855-7.
11. Hellerud B, Johannessen H, Haltbakk H, Hoff-Olsen P. Zip lock poly bags in drug cases - a valuable source for obtaining identifiable DNA results?. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2008, 1: 433-434. 10.1016/j.fsigss.2007.10.013.
12. Polley D, Mickiewicz P, Vaughn M, Miller T, Warburton R, Komonski D, Kantautas C, Reid B, Frappier R, Newman J. Investigation of DNA recovery from firearms and cartridge cases. *J Canadian Soc Forensic Sci.* 2006, 39: 217-22
13. Rutty GN. An investigation into the transference and survivability of human DNA following simulated manual strangulation with consideration of the problem of third party contamination. *Int J Leg Med.* 2002, 116: 170-173.
14. Mark Barash M.Sc., Ayeleth Reshef M.Sc., Paul Brauner (ret.), M.Sc., F.F.S.Soc. The Use of Adhesive Tape for Recovery of DNA from Crime Scene Items. *Journal of forensic sciences*, volume 55, issue 4, 2010, pages 1058-1064.
15. [Timothy J. Verdon](#), [R. John Mitchell](#), [Roland A.H. van Oorschot](#). Evaluation of tapelifting as a collection method for touch DNA. [Forensic Science International. Genetics Volume 8, Issue 1](#), January 2014, Pages 179–186.
16. Williamson AL. Touch DNA: Forensic Collection and Application to Investigations. *J Assoc Crime Scene Reconstr.* 2012;18(1) ; 1-5.
17. Solla, L. Estudio de polimorfismos de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados. Memoria Para Optar Al Grado De Doctor, Universidad Complutense De Madrid Facultad De Ciencias Biológicas Departamento De Antropología, Madrid 2002, ISBN: 84-669-1714-4, Pag. 24-25.

18. Hombreiro L .Recogida de restos epiteliales sobre diferentes superficies. Eficiencia de la analítica de ADN en casos reales. Boletín Galego de Medicina Legal e Forense nº. 20. Enero 2014.
19. Gill P, Whitaker J, Flaxman C, Brown N and Buckleton J. “*An investigation of the rigor of interpretation rules for STRs derived from less than 100 pg of DNA*”. Forensic Sci Int 2000; 112 (1): 17-40.
20. Whitaker JP, Cotton EA, Gill P. “*A comparison of the characteristics of profiles produced with the AMPFISTR® SGM Plus multiplex system for both standard and low copy number (LCN) STR DNA analysis*”. Forensic Sci Int 2001. 123 (2-3): 215-23.
21. Lowe A, Murray C, Whitaker J, Tully G, Gill P. The propensity of individuals to deposit DNA and secondary transfer of low level DNA from individuals to inert surfaces. Forensic Sci Int 2002;129:25–34.
22. Ladd C, Adamowicz MS, Bourke MT, Scherzinger CA, Lee HC. A systematic analysis of secondary DNA transfer. J Forensic Sci 1999; 44(6):1270–2.
23. Wiegand P, Kleiber M. DNA typing of epithelial cells after strangulation. Int J Legal Med 1997;110: 181–3.
24. Sweet D, Lorente M, Lorente JA, Valenzuela A, Villanueva E. An improved method to recover saliva from human skin: the double swab technique. J Forensic Sci 1997;42:320–2.
25. B.C.M. Pang, B.K.K. Cheung. Double swab technique for collecting touched evidence / Legal Medicine 9 (2007) 181–184.
26. Williams, Graham, Pandre, Manohar, Ahmed, Waseeh, Beasley, Emma and Omelia, Emma J. (2013) Evaluation of low trace DNA recovery techniques from ridged surfaces. Journal of Forensic Research. ISSN 2157-7145.
27. Amanda D. Garrett, David J. Patlak, Lena E. Gunn Amy N. Brodeur Catherine M. Grgicak. Exploring the Potential of a Wet-Vacuum Collection System for DNA Recovery. Journal of Forensic Identification 64 (5), 2014 \ 429.
28. [Johannes Hedman](#), [Joakim Ågren](#), [Ricky Ansell](#). Crime scene DNA sampling by wet-vacuum applying M-Vac, Forensic Science International: Genetics Supplement Series Volume 5, December 2015, Pages e89–e90.
29. Wander, Marc John, M.S. An investigation of touch DNA collection methods from clothing: traditional cutting techniques versus a wet vacuum system. Collection of dissertations and theses, University Of California, Davis, 2014, 52 pages ; 1565737.
30. S. Williams, E. Panacek, W. Green, S. Kanthaswamy, C. Hopkins, C. Calloway. Recovery of salivary DNA from the skin after showering. Forensic Sci. Med. Pathol., 11 (2015), pp. 29–34.
31. [Dyan J. Daly](#), [Charlotte Murphy](#), [Sean D. McDermott](#). The transfer of touch DNA from hands to glass, fabric and wood. [Forensic Science International: Genetics Volume 6, Issue 1](#), January 2012, Pages 41–46.
32. [Alycia K. Buckingham](#)^{a, b}, [Michelle L. Harvey](#)^a, [Roland A.H. van Oorschot](#)^b. The origin of unknown source DNA from touched objects. [Forensic Science International: Genetics Volume 25](#), November 2016, Pages 26–33.
33. [Roland A.H. van Oorschot](#)^a, [Genna Glavich](#)^{a, b}, [R. John Mitchell](#)^b. Persistence of DNA deposited by the original user on objects after subsequent use by a second person. [Forensic Science International: Genetics Volume 8, Issue 1](#), January 2014, Pages 219–225.
34. [F. Oldoni](#), [V. Castella](#), [D. Hall](#). Shedding light on the relative DNA contribution of two persons handling the same object. [Forensic Science International: Genetics Volume 24](#), September 2016, Pages 148–157.
35. Alonso M., Henríquez S., Rivera P, Cádiz R. *Identificación de elementos idóneos para la obtención de perfiles genéticos con fines de identificación humana relacionados a casos de manipulación de artefactos explosivos. Resúmenes del I Congreso Internacional de Ciencias Forenses y Criminalísticas, Chile 2014. Med. leg. Costa Rica vol.32 n.1 Heredia Jan./Mar. 2015
36. [Mariya Goray](#)^{a, b}, [Roland A.H. van Oorschot](#)^a, [John R. Mitchell](#)^b. DNA transfer within forensic exhibit packaging: Potential for DNA loss and relocation. [Forensic Science International: Genetics Volume 6, Issue 2](#), March 2012, Pages 158–166.
37. Otárola M., Ossadón P., Alonso M*. Efecto del tiempo y del embalaje de evidencias en la recuperación de células epiteliales de elementos. Resúmenes del I Congreso Internacional de Ciencias Forenses y Criminalísticas, Chile 2014. Med. leg. Costa Rica vol.32 n.1 Heredia Jan./Mar. 2015.

38. [Ane Elida Fonneløp^{a, e}](#), [Helen Johannessen^a](#), [Thore Egeland^{a, b}](#), [Peter Gill^{a, e}](#). Contamination during criminal investigation: Detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags. [Forensic Science International: Genetics Volume 23](#), July 2016, Pages 121–129.