

Matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección de drogas de abuso con fines de investigación toxicológica forense

Unconventional matrices such as faneras (hairs) in the detection of drugs of abuse for the purposes of forensic toxicological investigation

- ¹ Erika Gabriela Collaguazo Enriquez  <https://orcid.org/0009-0006-5704-5316>
Licenciada en Ciencias de la Salud en Laboratorio Clínico e Histopatológico.
Posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)
egcollaguazo.fslc@unach.edu.ec
- ² María Eugenia Lucena de Ustáriz  <https://orcid.org/0000-0001-9120-345X>
Lcda. en Bioanálisis, Magister Scientiae Biotecnología de Microorganismos, Diplomado en Estudios avanzados, PhD en Ingeniería de Procesos, Docente de Posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)
mlucena@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/03/2023

Revisado: 16/04/2023

Aceptado: 10/05/2023

Publicado: 05/07/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2585>

Cítese:

Collaguazo Enriquez, E. G., & Lucena de Ustáriz, M. E. (2023). Matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección de drogas de abuso con fines de investigación toxicológica forense. *Ciencia Digital*, 7(3), 25-37. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2585>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras**claves:**

Matriz no convencional, pelos, sustancias de abuso, toxicología forense

Keywords:

Unconventional matrix, hairs, substances of abuse, forensic toxicology.

Resumen

Introducción: En la actualidad se ha utilizado el pelo como una matriz no convencional para la identificación de sustancias de abuso tomando en cuenta sus ventajas y desventajas, así como también la aplicación de métodos de recolección y conservación adecuados, sabiendo que estos no requieren de altas exigencias en comparación con muestras como orina, sangre y otros fluidos biológicos. **Objetivo:** Identificar la utilidad de las matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección de drogas de abuso con fines de investigación en toxicológica forense. **Metodología:** La investigación es de diseño bibliográfico, con nivel descriptivo de corte transversal y carácter mixto en el cual se realizó la revisión de documentos escritos o digitalizados en la literatura científica acerca de las matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección de drogas de abuso. **Resultados:** Se realizó un análisis minucioso, utilizando las investigaciones de varios autores acerca del uso de las faneras (pelos) en la detección de sustancias de abuso con fines de investigación en toxicológica forense. **Conclusión:** la utilidad de la matriz no convencional (pelo) radica en las principales características que esta presenta: fácil recolección, conservación, almacenamiento, procedimiento no invasivo, permite identificar largos periodos del uso de sustancias, así como también las limitaciones que posee, en el campo de la cuantificación de concentraciones muy bajas de las sustancias de abuso encontradas en esta muestra biológica, allí se aplican métodos de confirmación con costos elevados. **Área de estudio:** Criminalística/ Forense. **Área de estudio específica:** Derecho- Criminalística.

Abstract

Introduction: At present, hair has been used as an unconventional matrix for the identification of substances of abuse, taking into account its advantages and disadvantages, as well as the application of adequate collection and conservation methods, knowing that these do not require high demands compared to samples such as urine, blood and other biological fluids. **Objective:** To identify the usefulness of non-conventional matrices such as faneras (hairs) in the detection of drugs of abuse for the purposes of forensic toxicology research. **Methodology:** The research is of bibliographic design, with a descriptive level of cross section and mixed character in which the review of written or digitized documents in the scientific literature

about unconventional matrices such as faneras (hairs) in the detection of drugs of abuse. **Results:** A meticulous analysis was carried out, using the investigations of various authors about the use of faneras (hairs) in the detection of substances of abuse for the purposes of forensic toxicology research. **Conclusion:** the utility of the non-conventional matrix (hair) lies in the main characteristics that it presents: easy collection, conservation, storage, non-invasive procedure, allows to identify long periods of substance use, as well as the limitations that it has, in the field of quantification of very low concentrations of the substances of abuse found in this biological sample, confirmation methods with high costs are applied there. **Area of study:** Criminalistics / Forensics. **Specific area of study:** Law-Criminalistics.

Introducción

El abuso de drogas se ha convertido en un problema que afecta a todos los países desarrollados y en vías de desarrollo. La dimensión internacional de este inconveniente, lo diverso y complejo del mismo obliga a las naciones a intensificar sus esfuerzos en el control que deben ejercer, así como en sus regulaciones, en algunos casos con la introducción de legislación más exigente y severa que puede llegar a tener serias consecuencias penales para el individuo que infringe la ley (Perkins de Piacentino et al., 2019).

A nivel mundial se ha hecho uso de matrices convencionales como son la orina, sangre y otros fluidos corporales para determinar el abuso de drogas y se ha dejado a un lado a una muestra biológica como es el pelo, la cual presenta características especiales entre ellas: su fácil recolección, difícil de alterar y para su conservación no es necesario condiciones ambientales como refrigeración lo que facilita su transporte.

Así nos proporciona información para la creación de un perfil criminológico del consumo de drogas de abuso y la frecuencia de este, teniendo en cuenta que esta matriz logra acumular sustancias en su interior sin alteraciones y con mayor concentración a diferencias de las demás matrices convencionales (Silva & Romero, 2019).

En el campo de la toxicología clínica el análisis de drogas es utilizado para el seguimiento de los pacientes psiquiátricos o monitoreo de pacientes sometidos a procesos de desintoxicación, en cuanto a la toxicología del trabajo u ocupacional permite analizar a un aspirante a un trabajo si es o ha sido consumidor de drogas o por vigilancia de consumo

de drogas en el lugar de trabajo; en Toxicología Forense post mortem (en cadáveres, restos cadavéricos o en descomposición) para establecer o confirmar la causa de muerte por ingesta y/o sobredosis de drogas y ante mortem para determinar si una persona es consumidora de drogas. El análisis de pelo puede constituir una prueba importante e incluso decisiva en los Tribunales de Justicia, ya que puede aplicarse para la determinación del consumo de drogas meses después de iniciarlo, proporcionando una perspectiva histórica del consumo (Silva & Romero, 2019).

Tomando en cuenta todos estos aspectos, en este artículo, se identificó la utilidad de las matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección del abuso de drogas con fines de investigación en Toxicología Forense enfocándose en una revisión bibliográfica actualizada con documentos publicados en revista de impacto mundial

Metodología

La investigación es de diseño bibliográfico, con nivel descriptivo de corte transversal y carácter mixto que tiene como base la recolección de información a través de bases de datos bibliográficas como Scopus, Sciencedirect y Scielo. Así como también el uso del buscador denominado Google académico con el principal objetivo de recopilar documentos importantes para esta revisión. Tomando en cuenta estos criterios de inclusión:

1. Artículos científicos que indiquen fundamentos de la detección de drogas de abuso en pelos con 5 años de vigencia en español o inglés.
2. Artículos científicos con contenido de Toxicología Forense publicados en una revista indexada en Scopus, Scielo o Sciencedirect con 5 años de vigencia en español o inglés.
3. Documentos de libre acceso

Así como también se aplicó los criterios de exclusión

1. Fechas de publicación mayor a 5 años
2. Artículos incompletos.
3. Artículos con datos que no contienen información concerniente al tema de estudio.

Con la revisión se obtuvo como población quince (15) documentos tomando en cuenta las características de inclusión y exclusión, seguidamente se procedió a la lectura y comprensión de estos permitiéndonos seleccionar diez (10), siendo estos los más adecuados para la investigación, usando palabras clave para su búsqueda y los intervalos de tiempo en la literatura científica acerca de las matrices no convencionales como las faneras (pelos) en la detección de drogas de abuso.

Discusión

El consumo de drogas pone en peligro la salud en general y la salud mental en particular y es especialmente dañino en la primera etapa de la adolescencia. Los mercados de las drogas ilícitas están vinculados con la violencia y otras formas de delincuencia. Las drogas alimentan y prolongan los conflictos, y sus efectos desestabilizadores, así como su costo social y económico, obstaculizan el desarrollo sostenible. Las drogas de abuso son un problema importante que amenaza la salud y la estabilidad social. Este hecho desafía los avances científicos para detectar su uso y establecer políticas públicas de prevención (Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito UNODC, 2022).

En el análisis de drogas de abuso en los laboratorios forenses generalmente se emplean matrices convencionales como la sangre, orina entre otras. En el artículo *Drugs of abuse: A narrative review of recent trends in biological sample preparation and chromatographic techniques* revelaron que hubo un período en el que se analizaron distintas alternativas de especímenes, como pelo y uñas para los análisis ante mortem o huesos y dientes para los posts mortem con ciertos métodos en grupos específicos. También se ha observado que, debido al avance de técnicas de alta sensibilidad, se ha incrementado el uso de muestras biológicas alternativas, aunque la sangre y la orina siguen siendo las matrices más exploradas (Palma et al., 2022).

El pelo es una parte muy compleja de nuestra anatomía, tiene su formación en el folículo piloso y se estima que en un adulto hay que hay unos 5 millones de folículos, de los que un millón están en la cabeza.

Las primeras aplicaciones del pelo como matriz biológica para el estudio toxicológico tienen sus inicios en 1858, cuando Casper publica un artículo sobre el hallazgo de arsénico en un cadáver exhumado luego de 11 años de su muerte. Otro importante caso que se dio a conocer a nivel mundial fue el de Napoleón que se le encontró arsénico y otros derivados luego de 125 años de su muerte; se puede mencionar que a Beethoven se le pudo determinar plomo en su cabello luego de un tiempo de haber fallecido (Esparza, 2019).

El pelo crece en la piel externa del cuerpo de los mamíferos y está compuesto de una proteína llamada queratina. Cada mechón de cabello está formado por tres capas llamadas médula, corteza y cutícula. El ciclo de crecimiento del cabello comienza en el folículo piloso, la parte del cabello que se encuentra debajo de la piel. La corteza contiene gránulos de melanina que son responsables del color del cabello. La melanina se divide en eumelanina, el pigmento dominante en el cabello castaño y negro, y feomelanina, el pigmento dominante en el cabello rojo. Algunas sustancias tóxicas pueden inactivar la producción de melanina y provocar un cambio de color del cabello. Así como también la deposición de drogas en el cabello puede estar influenciada por el contenido de melanina

del cabello, el origen étnico y la liofilia, polaridad o basicidad del fármaco original o sus metabolitos (Campos et al., 2022).

Debido a la composición reflectante de los elementos en los tejidos corporales, el cabello se utiliza como tejido excretor para probar sustancias tóxicas. El cabello puede producir documentos retrospectivos informativos sobre la exposición aguda y crónica a sustancias químicas (Nikfar & Mozaffari, 2023).

El crecimiento del pelo es asíncrono y se van alternando entre los dos el crecimiento activo y de reposo. En los seres humanos este ciclo comienza con la fase anágena, de crecimiento, en esta se va a desarrollar el folículo y da a la formación al pelo y cuya duración es muy diferente, puede durar de 7 a 94 semanas, existen casos que puede llegar a varios años, dependiendo de la zona anatómica. Luego de este periodo, el folículo entra en una fase muy corta de transición, denominada como fase catágena, que puede durar alrededor de 2 semanas, en las cuales cesa la actividad folicular, la papila dérmica se retrae y el folículo empieza a degenerarse con esto llega la última fase, de reposo, llamada telógena, que dura alrededor de 10 semanas, el crecimiento cesa completamente y el pelo se cae y así comienza un nuevo ciclo (Esparza, 2019). Los rangos de tiempo anteriores proporcionados para cada fase del ciclo del cabello son solo aproximaciones, ya que varios factores contribuyen a la línea de tiempo del crecimiento del cabello, como el clima, la temporada, la edad, el embarazo, la raza, entre otros (Admire et al., 2023).

(Nikfar & Mozaffari, 2023) mencionan en su artículo titulado Hair acerca de los análisis de cabello que han adquirido una gran notoriedad en la Toxicología Forense en términos de abuso de drogas, dopaje y envenenamiento. Los opiáceos, los antidepresivos, los antipsicóticos y las anfetaminas se pueden detectar en el análisis del cabello. En la actualidad, existen diferentes métodos confiables para detectar y medir varios químicos en el cabello. Sin embargo, se deben tener en cuenta las fortalezas y debilidades de cada método. Los ciclos de crecimiento específicos de cada mechón de cabello y las interpretaciones desafiantes de los resultados, además de las técnicas costosas, son algunas limitaciones notables para el análisis del cabello.

(Burgueño et al., 2019) en su artículo Drogas y consumo de alto riesgo: patrón epidemiológico a partir de análisis de cabello en el contexto forense menciona que el estudio del consumo repetido de drogas mediante su análisis en el cabello es un procedimiento de rutina en la toxicología forense, debido fundamentalmente a que la gran ventana de detección de drogas en el cabello de varias semanas a años que permite la investigación retrospectiva del consumo. El estudio del consumo de drogas a partir de datos procedentes del ámbito forense no sólo tiene gran importancia para mejorar la interpretación de los resultados analíticos, sino que, además, revela patrones de consumo de alto riesgo. En el campo forense el estudio de la prevalencia del consumo de drogas provee un enfoque adicional para conocer el consumo de alto riesgo de drogas. La

información epidemiológica revelada a través del estudio de grandes series de datos de análisis del cabello realizados con fines legales es especialmente relevante en el caso de drogas con baja prevalencia de consumo en la población general. Por consiguiente, a partir de datos procedentes de toxicología forense, la epidemiología forense aporta un conocimiento fundamentado sobre el consumo de drogas, que además puede ser útil para adoptar medidas adecuadas de salud pública destinadas a prevenir el consumo de drogas y a minimizar sus efectos.

En el artículo titulado Investigación del pelo como matriz toxicológica menciona que cualquier compuesto se puede encontrar en el pelo utilizando el método analítico que sea acorde a cada uno de ellos. Para unirse la droga al cabello necesita diferentes afinidades y capacidades usando mecanismos únicos de unión para cada tipo, para esto depende de factores (pKa, estructura, tamaño, lipofilia, capacidad de unión a proteínas y melanina) que afectan a la incorporación. Hay medicamentos básicos como las anfetaminas y la cocaína, que tiene la capacidad de incorporarse en mayor cantidad en el cabello en comparación de las drogas neutras o ácidas como las benzodiazepinas y cannabinoides (Esparza, 2019).

(Campos et al., 2022) en el artículo denominado Alternative matrices in forensic toxicology: a critical review expresan que las ventajas del análisis de cabello sobre otras muestras biológicas convencionales son múltiples: recolección fácil y no invasiva, no requiere ningún entrenamiento especializado ni viola la privacidad del individuo, fácil movilización y almacenamiento, su estructura sólida y duradera asegura una larga estabilidad con mínimo riesgo de infección, la evaluación de la exposición retrospectiva y acumulada a las drogas de meses a años dado que las drogas que se incorporan al cabello tienen una gran ventana de detección. Además, las pruebas de cabello también tienen algunas limitaciones como la detección de uso reciente de drogas alrededor de unos 7 días no es posible debido a que se necesitan métodos precisos y sensibles para detectar concentraciones de fármaco muy bajas y el costo del análisis es mucho más alto en relación con otras muestras biológicas. En las pruebas de inmunoensayo por sí solas no brindan resultados confiables y se necesita el uso de una técnica de confirmación como Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS) o Cromatografía líquida a Espectrometría de Masas (LC-MS) así también la interpretación de los hallazgos analíticos es más confusa, considerando la complejidad y variabilidad de la incorporación de los fármacos en la matriz capilar. Se expresa que no hay un consenso acerca del método “más preciso y sensible” para el análisis del cabello (pasos de lavado, extracción e identificación), lo que puede dar lugar a una interpretación errónea de concentraciones muy bajas del fármaco. Tomando en cuenta este problema, la Society for Hair Testing (SOHT) proporciona pautas que regulan la información sobre la recopilación, las pruebas, los cortes y la notificación de los resultados confirmados

En la investigación Forensic toxicological analysis of hair: a review indicaron que el análisis del cabello tiene una serie de aplicaciones en toxicología forense, toxicología clínica, medicina laboral y control de dopaje. La principal ventaja práctica del análisis de cabello para probar drogas en comparación con la orina y la sangre es su ventana de detección más grande. Para el análisis del cabello, las drogas pueden detectarse incluso después de meses, dependiendo de la longitud del tallo del cabello analizado, frente a unos pocos días para la orina. En el campo práctico, la ventana de detección que ofrecen las pruebas de orina y cabello es complementaria: el análisis de orina proporciona información a corto plazo sobre el consumo de drogas de un individuo, mientras que el historial a largo plazo es accesible a través del análisis de cabello. Aunque existe un acuerdo razonable de que los resultados cualitativos del análisis del cabello son válidos, la interpretación de los resultados se encuentra aún en debate debido a la no resolución de algunas preguntas. El análisis del cabello muestra el uso de drogas durante varios meses. El cabello puede mostrar el resultado exacto de la anfetamina y la cocaína si estas drogas se abusaron semanalmente, pero no puede determinar con precisión ni siquiera el abuso diario de cannabis. El costo del análisis de drogas en el cabello es más alto, mientras que el de la orina es el más bajo (Usman et al., 2019).

Manteniendo la misma línea Wang et al., 2020 en el artículo denominado A Retrospective of Prevalence of Drugs of Abuse by Hair Analysis in Shanghai using LC–MS–MS concluyen que las pruebas de cabello para drogas de abuso son una herramienta de vigilancia útil para revelar patrones de abuso de drogas. Así como también proporciona información valiosa sobre el consumo de drogas de los drogadictos vigilados por análisis de cabello y en las distribuciones de concentración de cabello de las drogas de abuso común en casos positivos en Shanghai. Las drogas ilícitas conocidas siguen siendo las más consumidas. Sin embargo, flunitrazepam y 5-MeO-DIPT complican la epidemia de abuso de drogas en China. Prevalece una falta de conciencia de las peligrosas consecuencias de las drogas de abuso, especialmente entre los jóvenes. Los programas de educación pública sobre el uso indebido de drogas, las medidas de intervención y las actividades de prevención son indispensables para proteger a los jóvenes del uso indebido de drogas (Wang et al., 2020).

(Palma et al., 2022) resalta que hay casos de estudios que involucran el uso de drogas en el embarazo, lo cual es una preocupación por la exposición del feto a estas sustancias, se evaluaron artículos seleccionados los que reportaron meconio y el uso de cabello materno como muestras biológicas. El análisis del cabello materno es otra forma de evaluar la exposición fetal a las drogas ilícitas. Cortés et al. (como se citó en Palma et al., 2022) destacó el beneficio de esta matriz en comparación con el meconio, ya que el cabello materno es eficaz en la detección retrospectiva, es decir, detecta el uso de sustancias ilícitas en todas las etapas del embarazo.

En el estudio *Pulverization Is a Crucial Step—A Comparative Study of Different Pretreatments in Hair Drug Testing* se menciona que la pulverización es uno de los pasos más importantes y críticos para la extracción de los analitos del cabello tomando en cuenta cuales drogas van a ser investigadas, en esto intervienen dos factores como son la temperatura de pulverización y el tamaño de las partículas del cabello. Explicaron que el tamaño de las partículas de cabello merece más atención que la temperatura cuanto esta es menor a 30 °C. Lo que significa que se indica una mayor contribución del tamaño de partícula del cabello que da la temperatura de pulverización a la eficiencia de extracción, es por lo que la granularidad del cabello es un factor no despreciable que afecta a la extracción de analitos. Cuando se controla la temperatura, vale la pena recomendar un método de pretratamiento que puede reducir la granularidad de la muestra así mejorando la eficiencia de la liberación del analito de la muestra debido a una pulverización más completa. Al realizar el método de pretratamiento de muestras ahorra tiempo y trabajo y es factible para el análisis de laboratorio de rutina. Además, creemos que la polaridad de los analitos puede ser un factor adicional que afecta la eficiencia de extracción, pero esto necesita más estudio (Hu et al., 2023).

En la revisión *Morphological and chemical profiling for forensic hair examination: A review of quantitative methods* expresa que el cabello humano se ha convertido en un área de investigación de interés para la ciencia forense debido al bajo costo de análisis, buenas propiedades mecánicas y su durabilidad. El análisis del cabello es útil en numerosas disciplinas forenses, que incluyen evidencia traza, ADN y toxicología. El uso de muestras de cabello en las investigaciones ha crecido debido al desarrollo de métodos que reducen la preparación de la muestra y aumentan el rendimiento de la extracción, lo que permite alcanzar límites inferiores de detección y límites de cuantificación utilizando técnicas instrumentales actuales. Gracias a esto a los científicos forenses se les provee de herramientas adicionales para incluir el análisis del cabello como una técnica de rutina en investigaciones forenses. La espectrometría de cromatografía de gases-masas (GC-MS) y la espectrometría de cromatografía líquida-masa (LC-MS) son estándares actuales de oro para el análisis de drogas en el cabello para laboratorios forenses debido a su alta sensibilidad, especificidad y universalidad. Sin embargo, todavía hay controversias sobre cómo interpretar los resultados, particularmente en relación con las preocupaciones de contaminación externa, los tratamientos cosméticos o la fuente de cualquier medicamento presente (Funes et al., 2023).

El siguiente artículo *Evaluation of extraction parameters in authentic hair reference material using statistical design of experiments* explica acerca de los métodos óptimos para el análisis forense del cabello, de manera especial a los parámetros de extracción que incluyen: tiempo de incubación, temperatura y tamaño de las partículas de cabello extraídas. En el pretratamiento del cabello se utiliza la técnica diseño de experimentos que evalúa tanto los roles individuales como las asociaciones combinatorias entre

múltiples variables y la eficiencia general de extracción de fármacos. Una matriz eficaz para la estandarización de las pruebas forenses de cabello es la preparación del material de referencia auténtico diluyendo cabello de usuarios de drogas con cabello en blanco para lograr concentraciones específicas de droga ya que esta se incorpora a la matriz del cabello a través de la distribución sistémica. Al aplicar esta técnica de diseño revelaron diferencias significativas en las combinaciones óptimas de parámetros de extracción para una recuperación máxima. Sin embargo, para la mayoría de los fármacos y metabolitos, el método de extracción más efectivo consistió en pulverizar el cabello antes de una extracción de 2 h con una proporción de volumen de solvente de extracción/peso de muestra de 12,5 $\mu\text{L}/\text{mg}$ (Spear & DeCaprio, 2022).

En un reporte de caso denominado Detection of scopolamine in urine and hair in a drug-facilitated sexual assault se analiza la detección de la escopolamina conociendo el uso y la alta potencia de la droga, así como también su rápido metabolismo sabiendo así que en el análisis de sangre y orina pueden no ser suficientes para la detección. Generalmente es administrada una dosis única en casos como agresión sexual o robos. El cabello puede constituir una matriz suplementaria esencial que amplía la ventana de detección de drogas en tales casos. En este informe presentan datos cuantitativos sobre la escopolamina en la orina y el cabello en un caso de agresión sexual facilitada por drogas después de una sola exposición. Mediante el uso de *análisis de cabello segmentario, los resultados del cabello confirmaron el hallazgo positivo en la orina hidrolizada, que se recolectó 18 h después del incidente. Los hallazgos mostraron que era posible detectar escopolamina cinco semanas después de la exposición en el cabello con una concentración de 0,37 pg/mg (Melchior et al., 2023).

Conclusión

- La bibliografía consultada permiten concluir la utilidad e importancia del uso del pelo como matriz no convencional en la detección de drogas, debido a que presenta muchas ventajas frente a las matrices convencionales como son: fácil recolección, transporte, conservación y almacenamiento, su toma no vulnera la privacidad del individuo, permite evaluar el historial tanto el uso como la exposición a drogas y la acumulación de la sustancia, medicamento o fármaco que se encuentre en su organismo no solo de forma reciente sino también al paso de años, valora el uso permanente o temporal de las drogas. En el campo post mortem se puede identificar la presencia de estas sustancias luego de haber pasado un determinado tiempo.
- El análisis exhaustivo de la documentación bibliográfica consultada también nos permite concluir que el uso del pelo como matriz no convencional en la detección de drogas no solo presenta ventajas sino también una serie de limitaciones, una de ellas es el alto precio con respecto al costo del análisis de drogas en matrices

convencionales, ya que se necesitan métodos precisos y más sensibles para la detección de concentraciones muy bajas de analitos. Por otro lado, es necesario la comprobación de estas concentraciones mediante el uso de técnicas como la espectrometría de cromatografía de gases-masas (GC-MS) y la espectrometría de cromatografía líquida-masas (LC-MS) limitando así el análisis de drogas en pelos en los laboratorios de rutina.

- Por todo lo anteriormente dicho se concluye que el uso del pelo como matriz no convencional en la detección de drogas de abuso es una alternativa eficaz que amplía la ventana de detección de drogas.

Referencias Bibliográficas

- Admire, L., Carson, M., Crawford, K., Nguyen, E., & Daniels, T. (Febrero de 2023). Hair root staining with Hematoxylin: Increasing the rate of obtaining DNA profiles in forensic casework. *Forensic Science International*, 343. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111544>
- Burgueño, M. J., Sánchez, S., Castro, M. Á., & Mateos-Campos, R. (Noviembre de 2019). Drogas y consumo de alto riesgo: patrón epidemiológico a partir de análisis de cabello en el contexto forense. *Revista Española de Salud Pública*, 93, 1-16. <https://www.scielosp.org/article/resp/2019.v93/e201911065/#>
- Campos, E. G., Costa, B. R., Santos, F. S., Monedeiro, F., Alves, M. N., Junior, W. J., & Martinis, B. S. (2022). Alternative matrices in forensic toxicology: a critical review. *Forensic Toxicology*, 4, 1-18. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11419-021-00596-5>
- Esparza, J. (2019). El pelo como matriz toxicologica. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*(30), 11. <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/69667/6834350.pdf?sequence=1>
- Funes, D. S., Bonilla, K., Baudelet, M., & Bridge, C. (Mayo de 2023). Morphological and chemical profiling for forensic hair examination: A review of quantitative methods. *Forensic Science International*, 346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111622>
- Hu, J., Chen, H., Liu, W., Ji, J., & Mengxi Liu, B. L. (2023). Pulverization Is a Crucial Step—A Comparative Study of Different Pretreatments in Hair Drug Testing. *Journal of Analytical Toxicology*, 47, 346-352. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jat/bkad001>
- Melchior, S. E., Nielsen, M. K., Oropeza, A. R., Banner, J., & Johansen, S. S. (2023). Detection of scopolamine in urine and hair in a drug-facilitated sexual assault.

- Forensic Science International*, 347.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111678>
- Nikfar, S., & Mozaffari, S. (2023). *Hair*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00594-7>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito UNODC. (2022). *Informe mundial sobre las drogas*. https://www.unodc.org/res/wdr2022/MS/WDR22_Booklet_2_spanish.pdf
- Palma, D. T., Lini, R. S., Marchioni, C., & Galerani, S. A. (22 de Marzo de 2022). Drugs of abuse: A narrative review of recent trends in biological sample preparation and chromatographic techniques. *Forensic Chemistry*, 30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forc.2022.100442>
- Perkins de Piacentino, A. M., Locani, O. A., & Lorenzo, J. L. (2019). "Drogas en pelo: sus alcances y limitaciones I". *Cuadernos de Medicina Forense*, 1, 19-28. [https://www.csjn.gov.ar/cmfc/files/pdf/_Tomo-4\(2005-2006\)/Numero-1/Perkins.pdf](https://www.csjn.gov.ar/cmfc/files/pdf/_Tomo-4(2005-2006)/Numero-1/Perkins.pdf)
- Silva, B. E., & Romero, L. V. (2019). Detección de tetrahidrocannabinol en el cabello. *Visión Criminologica-Criminalistica*, 26, 36-45. <https://doi.org/http://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1903/Revista%201903.pdf>
- Spear, B., & DeCaprio, A. P. (Mayo de 2022). Evaluation of extraction parameters in authentic hair reference material using statistical design of experiments. *Journal of Forensic Sciences*, 67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1556-4029.15051>
- Usman, M., Naseer, A., Baig, Y., Jamshaid, T., Shahwar, M., & Khurshuid, S. (2019). Forensic toxicological analysis of hair: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 2(17), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41935-019-0119-5>
- Wang, X., Cui, J., Zhuo, Y., Shen, B., Liu, S. Z., Shen, M., & Xiang, P. (2020). A Retrospective of Prevalence of Drugs of Abuse by Hair Analysis in Shanghai using LC-MS-MS. *Journal of Analytical Toxicology*, 44, 482-489. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jat/bkaa007>

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses en relación con el artículo presentado

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones

