

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Desentrañando los misterios de la descomposición: una mirada profunda a la tanatoquímica

Unraveling the mysteries of decomposition: an in-depth look at thanatokymy

Desvendando os mistérios da decomposição: um olhar profundo sobre a tanatoquímica

Karla Indira Hurtado-Serrano¹✉  , Mauricio Fernando Enríquez-Grijalva¹✉  , Melany Yamilex Reascos-Chalacán¹✉ 

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES). Ambato. Ecuador.

Recibido: 03 de septiembre de 2025

Aceptado: 11 de septiembre de 2025

Publicado: 25 de septiembre de 2025

Citar como: Hurtado-Serrano KI, Enríquez-Grijalva MF, Reascos-Chalacán MY. Desentrañando los misterios de la descomposición: una mirada profunda a la tanatoquímica. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2025 [citado: fecha de acceso]; 29(S1): e6871. Disponible en: <http://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/6871>

RESUMEN

Introducción: la tanatoquímica es la disciplina que estudia los cambios y la evolución bioquímica que ocurren en el cadáver, proporcionando información valiosa para apoyar el diagnóstico forense y la determinación de la causa de la muerte.

Objetivo: analizar los diferentes compuestos químicos que se generan o se modifican en el cuerpo humano después de la muerte, y su análisis para estimar el intervalo postmortem y las circunstancias de la muerte.

Métodos: se realizó una revisión bibliográfica en el periodo de enero y febrero de 2024, en diferentes bases de datos, lo que permitió la selección de 30 fuentes bibliográficas, tras la aplicación de los criterios de selección. Ello dio paso a la revisión de las mismas para su análisis crítico.

Desarrollo: las determinaciones tanatoquímicas permiten identificar metabolitos y productos de descomposición tras la muerte, aportando información sobre causas y eventos postmortem. Un reto es la ausencia de bases de datos para diferenciar lo normal de lo patológico. Entre los fluidos más útiles destaca el humor vítreo, considerado el comportamiento ideal para estimar el intervalo postmortem, especialmente a través de la medición del potasio. Otras muestras a emplear son el líquido sinovial, orina, líquido cefalorraquídeo y sangre.

Conclusiones: los cambios químicos tras la muerte, pueden ser identificados mediante la tanatoquímica. El humor vítreo destaca como matriz confiable, proporcionando información clave para estimar intervalos postmortem y fortalecer investigaciones forenses y judiciales.

Palabras clave: Tanatoquímica; Cambios Postmortem; Tanatología; Diagnóstico Postmortem.

ABSTRACT

Introduction: thanatochemistry is the discipline that studies the biochemical changes and evolution that occur in the cadaver, providing valuable information to support forensic diagnosis and the determination of the cause of death.

Objective: to analyze the different chemical compounds that are generated or modified in the human body after death, and their analysis to estimate the postmortem interval and the circumstances of death.

Methods: a literature review was conducted between January and February 2024 across various databases, which allowed the selection of 30 bibliographic sources after applying selection criteria. These sources were subsequently reviewed for critical analysis.

Development: thanatochemical determinations allow the identification of metabolites and decomposition products after death, providing information on causes and postmortem events. A challenge is the absence of databases to distinguish normal from pathological values. Among the most useful fluids, vitreous humor stands out as the ideal compartment for estimating the postmortem interval, especially through potassium measurement. Other samples include synovial fluid, urine, cerebrospinal fluid, and blood.

Conclusions: chemical changes after death can be identified through thanatochemistry. Vitreous humor is a reliable matrix, providing key information to estimate postmortem intervals and strengthen forensic and judicial investigations.

Keywords: Thanatokymy; Postmortem Changes; Thanatology; Postmortem Diagnosis.

RESUMO

Introdução: a tanatoquímica é a disciplina que estuda as alterações e a evolução bioquímica que ocorrem no cadáver, fornecendo informações valiosas para auxiliar o diagnóstico forense e determinar a causa da morte.

Objetivo: analisar os diferentes compostos químicos gerados ou modificados no corpo humano após a morte e sua análise para estimar o intervalo pós-morte e as circunstâncias da morte.

Métodos: uma revisão bibliográfica foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2024 em diferentes bases de dados, o que permitiu a seleção de 30 fontes bibliográficas após a aplicação dos critérios de seleção. isso levou à revisão para análise crítica.

Desenvolvimento: As determinações tanatoquímicas permitem a identificação de metabólitos e produtos de decomposição após a morte, fornecendo informações sobre causas e eventos pós-morte. Um desafio é a falta de bases de dados para diferenciar entre condições normais e patológicas. entre os fluidos mais úteis está o humor vítreo, considerado o compartimento ideal para estimar o intervalo pós-morte, especialmente por meio da dosagem de potássio. Outras amostras a serem utilizadas incluem líquido sinovial, urina, líquido cefalorraquidiano e sangue.

Conclusões: alterações químicas após a morte podem ser identificadas por meio da tanatoquímica. O humor vítreo destaca-se como uma matriz confiável, fornecendo informações essenciais para estimar os intervalos pós-morte e fortalecer as investigações forenses e judiciais.

Palavras-chave: Tanatoquímica; Alterações Pós-Morte; Tanatologia; Diagnóstico Pós-Morte.

INTRODUCCIÓN

La tanatoquímica, descrita por primera vez en 1963, consiste en la aplicación de técnicas bioquímicas con fines forenses, utilizadas principalmente en cadáveres con menos de 24 horas de fallecimiento para analizar elementos orgánicos e inorgánicos, con el propósito de establecer con mayor precisión la hora de la muerte^(1,2). La determinación del intervalo postmortem se fundamenta en el estudio de las transformaciones físicas y químicas que ocurren desde el momento de la defunción hasta la autopsia, abarcando tanto cambios tempranos como tardíos. Sin embargo, este proceso suele representar un desafío para los médicos forenses, especialmente cuando no existen alteraciones morfológicas o fisiopatológicas evidentes. En tales casos, la bioquímica postmortem se convierte en una herramienta indispensable que aporta parámetros objetivos para apoyar el análisis pericial y contribuir a esclarecer las circunstancias de la muerte.⁽³⁾

La tanatoquímica, rama de la medicina forense, constituye una herramienta esencial en la investigación de las causas y circunstancias de la muerte, al aportar información crucial para el esclarecimiento de hechos delictivos, la protección de la salud pública y la búsqueda de justicia. Se centra en el estudio de los cambios químicos que ocurren en el organismo tras el deceso, lo que permite determinar tanto la causa como el intervalo postmortem (IPM), además de contribuir a la identificación de cuerpos y a la resolución de casos criminales.^(4,5)

Su aplicación resulta especialmente valiosa cuando las patologías no presentan alteraciones morfológicas evidentes que expliquen el proceso de muerte, como sucede en enfermedades metabólicas, sepsis, hipotermia o anafilaxias. No obstante, esta disciplina enfrenta limitaciones, ya que los constituyentes bioquímicos, en especial en la sangre, sufren alteraciones postmortem que dificultan la interpretación pericial y pueden generar controversia. Ante ello, se han priorizado fluidos corporales menos susceptibles a degradación o contaminación, como el humor vítreo, el líquido cefalorraquídeo, pericárdico y sinovial, los cuales ofrecen mayor estabilidad y valor forense en la evaluación de parámetros bioquímicos.⁽⁶⁾

La estimación del tiempo transcurrido desde la muerte hasta el levantamiento del cadáver (intervalo posmortal), data de la muerte o cronodiagnóstico, ha tenido desde siempre una gran importancia en medicina legal y forense. Así mismo, la estimación del IPM, además de las implicaciones éticas evidentes, tiene repercusiones tanto en el ámbito penal como en el civil. Esta información es útil para los distintos cuerpos y fuerzas de seguridad y para la administración de justicia, a fin de determinar el momento en el que tuvo lugar la defunción, especialmente para corroborar la veracidad o congruencia de la coartada de un sospechoso.⁽⁷⁾ Lo indicado motiva el desarrollo del presente estudio, el cual tuvo por objetivo analizar los diferentes compuestos químicos que se generan o se modifican en el cuerpo humano después de la muerte y cómo estos pueden ser utilizados para estimar el IPM y las circunstancias de la muerte.

MÉTODOS

La revisión bibliográfica se llevó a cabo entre enero y febrero de 2024. Se emplearon como descriptores principales los términos "tanatoquímica", "tanatología" y "bioquímica postmortem". La búsqueda se realizó en bases de datos científicas especializadas en ciencias de la salud y medicina forense (PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar), aplicando operadores booleanos (AND, OR) para combinar los descriptores y ampliar la recuperación de información relevante. Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas,

capítulos de libros y documentos de sociedades científicas publicados en español e inglés, sin restricción de año de publicación, siempre que abordaran aspectos relacionados con los cambios bioquímicos postmortem y su aplicación en la práctica forense. Se excluyeron trabajos duplicados, comunicaciones breves y artículos sin acceso a texto completo.

Luego de la revisión de la literatura, se recolectaron 80 registros y, tras la eliminación de duplicados, se obtuvo un total de 65 revisiones. Posteriormente, se excluyeron 20 trabajos tras evaluar fechas de publicación, títulos y resúmenes. De los artículos completos considerados elegibles, permanecieron 45, y luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron finalmente 30 referencias, que fueron utilizadas para el análisis y la síntesis. No se desarrolló un análisis cuantitativo debido a la ausencia de estudios que cumplieran con los requerimientos metodológicos para su aplicación.

DESARROLLO

Las determinaciones tanatoquímicas deber tener en cuenta los cambios que ocurren de la muerte (es decir, detener el transporte activo de la membrana, pérdida de permeabilidad selectiva de la membrana, cese de la actividad metabólica), idealmente se realiza en un IPM temprano antes de la putrefacción, en cuanto a la identificación de sustancias químicas postmortem los resultados nos pueden revelar la presencia de diversas sustancias químicas en el cuerpo después de la muerte. Esto puede incluir la identificación de metabolitos, productos de descomposición y otras sustancias relacionadas con la actividad postmortem lo cual puede proporcionar pistas valiosas sobre la causa de la muerte y los eventos que ocurrieron después del fallecimiento de ese cadáver, algo clave a destacar aquí es que puede ayudar a distinguir entre cambios postmortem fisiológicos y la presencia de sustancias externas que podrían haber contribuido al deceso.^(8,9,10)

Las modificaciones en los componentes bioquímicos después de la muerte, particularmente en la sangre, son reconocidas, y a menudo, los hallazgos de investigaciones publicadas pueden generar debate. Por eso, se destaca la importancia de examinar fluidos que no se ven afectados o contaminados tan rápidamente como la sangre después del fallecimiento.⁽⁴⁾

Un desafío principal en tanatoquímica radica en la carencia de una base de datos que contenga los diferentes elementos bioquímicos necesarios para interpretarlos, lo que permitiría distinguir entre lo normal y lo patológico. Además de estas tres características esenciales, es crucial tener conocimiento del comportamiento de dichos parámetros después del fallecimiento y asegurarse de que sean confiables. Tras la muerte de una persona, ciertos marcadores bioquímicos pueden experimentar variaciones, ya sea aumentando o disminuyendo sus niveles dependiendo de los estímulos biológicos.^(11,12)

En el ámbito de las enfermedades que pueden diagnosticarse mediante estudios tanatoquímicos destacan las patologías cardíacas. La detección de marcadores bioquímicos específicos en tejidos y fluidos asociados al corazón permite identificar afecciones como insuficiencia cardíaca, enfermedad coronaria o miocarditis. Para este tipo de análisis, las muestras más utilizadas son el líquido pericárdico y el suero obtenido de la vena femoral. Entre los biomarcadores más relevantes se encuentra la troponina I, reconocida por su alta especificidad en la detección de daño miocárdico postmortem.^(13,14,15,16)

En relación con la bioquímica del humor vítreo, el analito ideal es aquel cuyas concentraciones permanezcan relativamente constantes en la población y cuya variación con el intervalo postmortem dependa principalmente del paso del tiempo, minimizando la influencia de otros factores externos. Para ello es necesario un comportamiento protegido frente a los procesos de descomposición. El humor vítreo cumple con estas condiciones, consolidándose como un medio de gran valor para la determinación de parámetros bioquímicos y la estimación del intervalo postmortem.⁽¹⁷⁾

Durante un extenso período de tiempo, los patólogos forenses han utilizado la bioquímica post mortem como un procedimiento para llevar a cabo investigaciones médico-legales con el fin de determinar la causa auténtica de la muerte. Se ha observado que, con un manejo adecuado, las muestras de humor vítreo post mortem pueden reflejar valores de marcadores bioquímicos similares a los del suero antemortem. Sin embargo, los procesos preanalíticos y analíticos, como el tratamiento, la calibración y la validación de los análisis de humor vítreo, enfrentan algunas dificultades debido a problemas analíticos específicos en los auto analizadores adaptados para medir muestras de suero y orina.^(18,19)

Los niveles de potasio (K+) son los más investigados para estimar el IPM. La concentración de este ion tiende a aumentar después del fallecimiento, principalmente debido a la difusión desde la retina y también desde el cristalino. Desde los años 60, numerosos estudios han establecido una relación entre la concentración de potasio ([K+]) en el humor vítreo y el intervalo post mortem.^(20,21) El aumento relativo de potasio se ve afectado por las temperaturas altas y la exposición del cadáver a esas temperaturas. Un cadáver dejado a temperatura ambiente o superior durante un tiempo considerable también progresará rápidamente a través de las etapas de descomposición y complicará aún más la capacidad de utilizar el humor vítreo para las pruebas.^(22,23)

En la actualidad, Estados Unidos es uno de los países que mayormente está trabajando en los estudios tanatoquímicos, ya que estos se llevan a cabo de manera integral y avanzada. El Buró Federal de Investigaciones (FBI, por sus siglas en inglés) desempeña un papel crucial en este campo, operando laboratorios forenses que abarcan diversas disciplinas, desde patología forense hasta toxicología y análisis de ADN. Además del FBI, cada estado cuenta con su propio sistema forense, con laboratorios estatales que realizan análisis forenses, incluyendo estudios tanatoquímicos, para apoyar las investigaciones locales.⁽¹⁷⁾

La infraestructura forense, incluyendo la disponibilidad de laboratorios equipados con tecnología actualizada, podría ser una limitación en algunos lugares, esto podría afectar la capacidad para llevar a cabo análisis tanatoquímicos de manera eficiente. Es esencial reconocer que las restricciones con las que cuentan nuestro país pueden evolucionar con el tiempo, y los países tienen la capacidad de desarrollar estrategias para superar desafíos. La cooperación a nivel internacional y la búsqueda de ayuda técnica y financiera son igualmente importantes para mejorar las capacidades forenses en Ecuador.⁽²⁴⁾ Aun así, nuestro país realiza estos estudios, los cuales hemos visto que son clave al momento de aclarar la causa de muerte del cadáver, las pruebas incluyen:

- Líquido sinovial: se ha señalado que, tras el fallecimiento, los valores de potasio y glucosa en el líquido sinovial sufren alteraciones significativas. En particular, la concentración de potasio se considera un parámetro fiable para estimar el intervalo postmortem. Diversos autores destacan que este fluido constituye una excelente matriz para el análisis bioquímico postmortem, especialmente en relación con el potasio.^(6,25)
- Orina: en el ámbito de la bioquímica postmortem, la muestra de orina se ha utilizado como apoyo para el análisis de parámetros como cetonas y glucosa, estableciendo comparaciones con el humor vítreo en el diagnóstico de cetoacidosis diabética.⁽²⁶⁾

- Líquido cefalorraquídeo (LCR): el LCR es valioso para estimar el intervalo postmortem por su baja concentración de glucosa y estabilidad relativa. Además, permite cuantificar biomarcadores como enolasa y creatina-quinasa cerebral, útiles en lesiones anóxicas y traumáticas, y detectar diversas causas de muerte mediante el análisis de electrolitos y metabolitos.⁽²⁷⁾
- Sangre: es el fluido más susceptible a hemólisis tras la muerte y a posteriores contaminaciones. Por esta razón, en bioquímica forense se prioriza el uso de humor vítreo, líquido cefalorraquídeo y líquido sinovial para la evaluación de parámetros bioquímicos.⁽²⁸⁾
- Humor vítreo: en estudios forenses resulta especialmente valioso, ya que su degradación postmortem es lenta, presenta baja susceptibilidad a la contaminación y permite una extracción sencilla. A partir de este fluido pueden analizarse diversos parámetros bioquímicos entre ellos potasio, sodio, cloro, glucosa, urea y creatinina, útiles para estimar la causa y el intervalo de muerte. Dichos marcadores han sido asociados a patologías como asfixias, consumo de drogas y alcohol, deshidratación, cetoacidosis diabética y muertes naturales.^(29,30)

CONCLUSIONES

La tanatoquímica cumple un rol central en la ciencia forense al estudiar la composición química del cuerpo después de la muerte, permitiendo identificar sustancias tóxicas, diagnosticar enfermedades y precisar las causas del fallecimiento. Su aporte es decisivo para determinar factores asociados al deceso, establecer intervalos post mortem y brindar bases objetivas a los hallazgos judiciales. Al analizar fluidos y tejidos, ofrece información confiable que fortalece la investigación de delitos y la recolección de pruebas científicas. En este contexto, el estudio del humor vítreo se destaca como herramienta indispensable, ya que proporciona datos químicos detallados que contribuyen a reconstruir sucesos en la escena del crimen, consolidando la tanatoquímica como un recurso integral y preciso en la resolución de casos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bonifaz E. Tanatoquímica forense: Aplicación en determinación de causa y data de muerte [Tesis]. Quito; 2021 [citado 27/01/2024]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/755c6b0b-e57c-4e0c-9f27-e944fc70e637/content>
2. Zhu BL, Cao ZP. Application of Postmortem Biochemistry Analysis in Forensic Medicine. Fa Yi Xue Za Zhi [Internet]. 2021 Dec 25 [citado 27/01/2024]; 37(6): 859-866. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35243853/>
3. Kutlu E, Avci E, Acar K. Postmortem biochemistry in deaths from ischemic heart disease. J Forensic Leg Med [Internet]. 2023 Nov [citado 27/01/2024]; 100: 102599. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37839363/>
4. Arroyo A, Carbone MT, Ordóñez J. Bioquímica postmortem: comparación de tres métodos de análisis. Cuad. med. forense [Internet]. 2004 Abr [citado 15/09/2025]; (36): 35-40. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062004000200005&lng=es.

5. Du TS, Mengxi MM, Ye X, Tu CY, Jin KD, Chen SW, et al. Research Progress of Metabolomics in Forensic Pathology. *Fa Yi Xue Za Zhi* [Internet]. 2020 Jun [citado 15/09/2025]; 36(3): 347-353. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32705848/>
6. Martín F, Matamoros M. Bioquímica Postmortem. Revisión Bibliográfica. *Rev Cienc Forenses Honduras* [Internet]. 30 de junio de 2019 [citado 15/09/2025]; 5(1): 21-9. Disponible en: <https://www.bvs.hn/RCFH/pdf/2019/pdf/RCFH5-1-2019-6.pdf>
7. Cunha CD. La bioquímica del humor vítreo en la data de la muerte y la práctica forense en Galicia: revisión sistemática y estudio descriptivo [Tesis]. 30 de junio de 2019 [citado 15/09/2025]. Disponible en: <https://minerva.usc.gal/entities/publication/4195267b-4af7-4cbb-8cf5-e81d6424b333>
8. Girlescu N, Stoica B, Hunea I, Diac M, Damian SI, David S, et al. The Vital Role of Thanatochemistry in the Postmortem Diagnostic of Diabetic Ketoacidosis-Case Report. *Diagn Basel Switz* [Internet]. 29 de mayo de 2021 [citado 15/09/2025]; 11(6):988. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8228401/>
9. Elmsjö A, Vikingsson S, Söderberg C, Kugelberg FC, Green H. Post-Mortem Metabolomics: A Novel Approach in Clinical Biomarker Discovery and a Potential Tool in Death Investigations. *Chem Res Toxicol* [Internet]. 2021 Jun 21 [citado 15/09/2025]; 34(6): 1496-1502. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33890460/>
10. Elmsjö A, Söderberg C, Jakobsson G, Green H, Kronstrand R. Postmortem Metabolomics Reveal Acylcarnitines as Potential Biomarkers for Fatal Oxycodone-Related Intoxication. *Metabolites* [Internet]. 2022 Jan 25 [citado 15/09/2025]; 12(2):109. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35208184/>
11. Donaldson AE, Lamont IL. Biochemistry changes that occur after death: potential markers for determining post-mortem interval. *PLoS One* [Internet]. 2013 Nov 21 [citado 15/09/2025]; 8(11): e82011. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3836773/>
12. Martínez Jiménez D. Estudio de la determinación postmortem de la adrenomedulina y otros parámetros bioquímicos en líquido pericárdico y suero: su aplicación al diagnóstico de la causa de la muerte [Internet]. Universidad de Murcia; octubre 2020 [citado 20/03/2024]; Disponible en: <https://portalinvestigacion.um.es/documentos/615541a81fa5bb340fcbe6ba>
13. Chen JH, Inamori-Kawamoto O, Michiue T, Ikeda S, Ishikawa T, Maeda H. Cardiac biomarkers in blood, and pericardial and cerebrospinal fluids of forensic autopsy cases: A reassessment with special regard to postmortem interval. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2015 Sep [citado 15/09/2025]; 17(5): 343-50. Disponible en: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/73agAOXI/>
14. Sacco MA, Gualtieri S, Grimaldi G, Monterossi MD, Aquila VR, Tarallo AP, et al. The Role of Cardiac Troponins in Postmortem Diagnosis of Myocardial Ischemia: A Systematic Review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2024 Dec 26 [citado 15/09/2025]; 26(1):105. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39795962/>
15. Ma XY, Wang TQ, Tang KS, Yang YQ, Bai ZX, Zhang X, et al. Study on forensic diagnostic biomarker combination for acute ischemia heart disease based on postmortem biochemistry. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2025 [citado 15/09/2025]; 110: 102825. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39919669/>

16. Kutlu E, Çil N, Avci E, Bir F, Kılıç İD, Dereli AK, et al. Significance of postmortem biomarkers and multimarker strategy in sudden cardiac death. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2023 Mar [citado 15/09/2025]; 61:102212. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36738552/>
17. Carreiro da Cunha E. La bioquímica del humor vítreo en la data de la muerte y la práctica forense en Galicia: revisión sistemática y estudio descriptivo [Tesis]. UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA; 2021 [citado 20/03/2024]. Disponible en: <https://minerva.usc.gal/rest/api/core/bitstreams/80a4aa6e-0f3d-4833-8fd4-c41c9dee9466/content>
18. Jashnani KD, Kale SA, Rupani AB. Vitreous humor: biochemical constituents in estimation of postmortem interval. *J Forensic Sci* [Internet]. 2010 Nov [citado 15/09/2025]; 55(6): 1523-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20666922/>
19. Oblitas Falero YE. Descripción de la actividad de la isoenzima CKMB en humor vítreo en cadáveres con sospecha de infarto agudo de miocardio del instituto de medicina legal [Internet]. Universidad Privada Norbert Wiener; 2020 [citado 20/03/2024]. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/b9914866-9f87-48bc-99d8-18a7405aad48>
20. Ravi Kumar B. Postmortem potassium kinetics in vitreous humor: a biochemical approach to time since death estimation in a forensic cohort. *Int J Med Pub Health* [Internet]. 2025 [citado 15/09/2025]; 15 (2): 1612-1615. Disponible en: <https://www.ijmedph.org/Uploads/Volume15Issue2/288.%20202098. IJMEDPH Jafar 1612-1615.pdf>
21. Mihailovic Z, Atanasijevic T, Popovic V, Milosevic MB, Sperhake JP. Estimation of the postmortem interval by analyzing potassium in the vitreous humor: could repetitive sampling enhance accuracy? *Am J Forensic Med Pathol* [Internet]. 2012 Dec [citado 15/09/2025]; 33(4):400-3. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22922550/>
22. Guerrero-Urbina C, Fors M, del Sol M, Fonseca GM, Guerrero-Urbina C, Fors M, et al. Correlación entre Sodio, Cloro y Potasio del Cuerpo Vítreo y el Intervalo Postmortem sobre los 2.850 msnm. *Int J Morphol* [Internet]. abril de 2021 [citado 15/09/2025]; 39(2): 554-9. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022021000200554
23. Ave MT, Ordóñez-Mayán L, Camiña M, Febrero-Bande M, Muñoz-Barús JI. Estimation of the post-mortem interval: Effect of storage conditions on the determination of vitreous humour [K+]. *Sci Justice* [Internet]. abril de 2021 [citado 15/09/2025]; 61(5): 597-602. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030621001003>
24. Mendoza Lanche EF. La tanatoquímica diagnóstico complementario en la examinación de cadáveres para la determinación de su causa y data de muerte [Internet]. Machala: Universidad Técnica de Machala; 2022 [citado 21/03/2024]. Disponible en: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19616/1/E-12839_MENDOZA%20LANCHE%20EINER%20FABRICIO.pdf
25. Vieira RB, Vicentini-Junior CA, Damascena NP, Silva MC, Araujo APD, da Trindade RQ, et al. Biochemical analysis of vitreous humor and synovial fluid in the estimation of early postmortem interval: A meta-analytical approach. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2024 Nov [citado 21/03/2024]; 108: 102782. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39454520/>

26. Rosato E, Bonelli M, Locatelli M, de Grazia U, Tartaglia A, Savini F, et al. Forensic Biochemical Markers to Evaluate the Agonal Period: A Literature Review. *Molecules* [Internet]. 2021 May 28 [citado 21/03/2024]; 26(11): 3259. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8198460/>
27. Garland J, Philcox W, Kesha K, Morrow P, Lam L, Spark A, et al. Differences in Sampling Site on Postmortem Cerebrospinal Fluid Biochemistry: A Preliminary Study. *Am J Forensic Med Pathol* [Internet]. 2018 [citado 21/03/2024]; 39(4):304-308. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30028732/>
28. Belsey SL, Flanagan RJ. Postmortem biochemistry: Current applications. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2016 [citado 21/03/2024];41: 49-57. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27131037/>
29. Tumram NK, Bardale RV, Dongre AP. Postmortem analysis of synovial fluid and vitreous humour for determination of death interval: A comparative study. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2011 [citado 21/03/2024]; 204(1):186-90. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20638804/>
30. Maeda H, Ishikawa T, Michiue T. Forensic biochemistry for functional investigation of death: concept and practical application. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2011 Mar [citado 21/03/2024]; 13(2): 55-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21269863/>