

César Sanabria Medina, MS. c, Ph. D.

---

# PATOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FORENSE DE LA MUERTE

La investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las  
fosas clandestinas, hasta la audiencia pública



Revisado por Miguel Botella López, Ph. D  
Prólogo de Jane Buikstra, Ph. D.



# Química Forense y Antropología Forense: análisis de evidencia traza en tejidos óseos

*Forensic chemical and forensic anthropology: analysis of trace evidence in bone tissues*

## Resumen

El siguiente capítulo presenta, de manera resumida, algunas de las aplicaciones que tiene la Química en la antropología forense. Se mencionan, principalmente, la determinación de la edad al morir en restos óseos mediante el estudio de la mezcla racémica del ácido aspártico en la dentina y el estudio de coloraciones azul y verdosa en huesos enterrados.

**Palabras clave:** Química, antropología forense, ácido aspártico, hidroxiapatita, vivianita, trace evidence.

## Autor correspondiente:

Jairo Peláez Rincón

jpelaez@medicinalegal.gov.co

## Referencia:

Peláez, RJ (2016). Química forense y antropología forense: análisis de evidencia traza en tejidos óseos. En Sanabria-Medina C. (Ed.), *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública* (pp. 747-756). Bogotá D.C., Colombia: Forensic Publisher®.

## Abstract

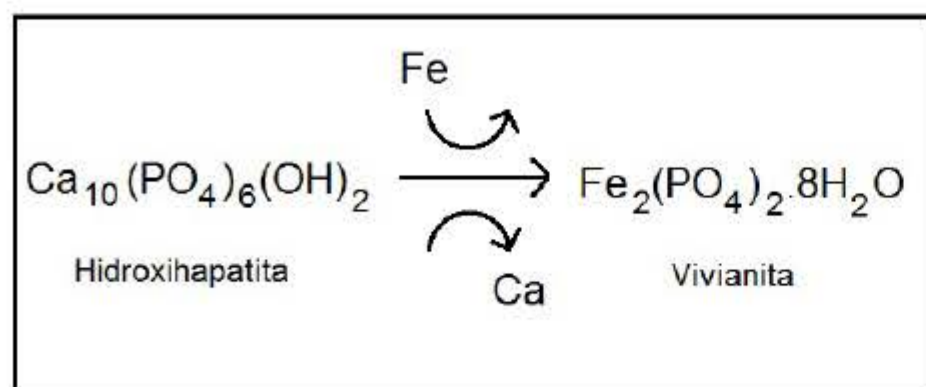
The following chapter shows, in a brief way, some of the applications of chemistry in forensic anthropology. It deals, mainly, with the determination of age at the time of death in bone remains through the study of the racemic mixture of aspartic acid in dentine and on the study of blue and green colorations sometimes found on buried bones.

**Key words:** Chemistry, forensic anthropology, aspartic acid, hydroxyapatite, vivianite

## Introducción

La segunda ley de la termodinámica es inexorable; “Todos los procesos naturales son unidireccionales”. Este sencillo enunciado asegura que cuando una persona o animal deja de existir como ser vivo su cuerpo inicia una serie de procesos físico-químicos degradativos gobernados por las condiciones ambientales en las que se encuentra. La vida, por otro lado, se puede considerar como un alejamiento de las condiciones de equilibrio termodinámico a las que conduce la muerte, es decir, vida y muerte no son procesos aleatorios sino cadenas de eventos regidos por leyes naturales ineludibles.

<sup>1</sup> Laboratorio de Evidencia Trazas, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá D. C., Colombia.



**Figura 6.** *Diagénesis de la hidroxiapatita en vivianita.*  
**Autor Figura 6:** Grupo de Evidencia Traza. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Bogotá – Colombia.

En los casos examinados en el INMLCF, los resultados han indicado que las coloraciones azules de los huesos examinados corresponden a la transformación de la hidroxiapatita –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  – en el mineral vivianita –  $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (Figura 6). En condiciones de enterramiento, cuando las condiciones mineralógicas y de pH son adecuadas, parte del calcio de la hidroxiapatita en el hueso es intercambiado por iones de hierro (II), lo que transforman al material en vivianita, mineral de color azul, azul-verdoso o verde-azulado (Figura 7).

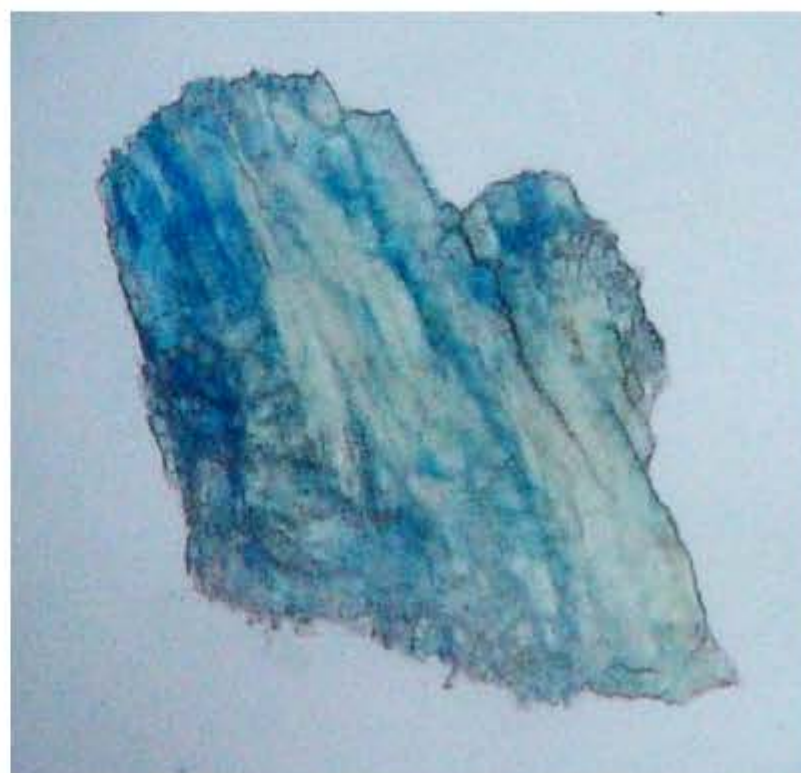
El intercambio iónico se puede dar con otros cationes como cobre, caso en el cual el mineral obtenido es diferente y, posiblemente, la coloración también. Estos intercambios se dan por disolución parcial o erosión del hueso, precipitación, absorción, adsorción y cristalización de iones.

Pero no es únicamente la hidroxiapatita en el hueso la expuesta a cambios diagenéticos. Se ha reportado diagénesis también en el colágeno y la dahlita (Berna, 2010); esta última tiene la capacidad de incorporar en su estructura iones carbonato, flúor, cloro, potasio e incluso estroncio y uranio, transformándose en minerales tipo hapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ – y francolita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{CO}_3$ –.

Una fuente bibliográfica que puede resultar de interés para los antropólogos forenses ante casos de tejidos óseos con diversas alteraciones es el Journal of Bone and Mineral Metabolism. Dentro de un contexto ambiental, que puede ser de carácter forense, pero no necesariamente antropológico, existen estudios (Alvarez, 2008) donde se emplean cambios diagenéticos en huesos de animales, con el fin de determinar contaminación por metales pesados y compuestos organocolorados.

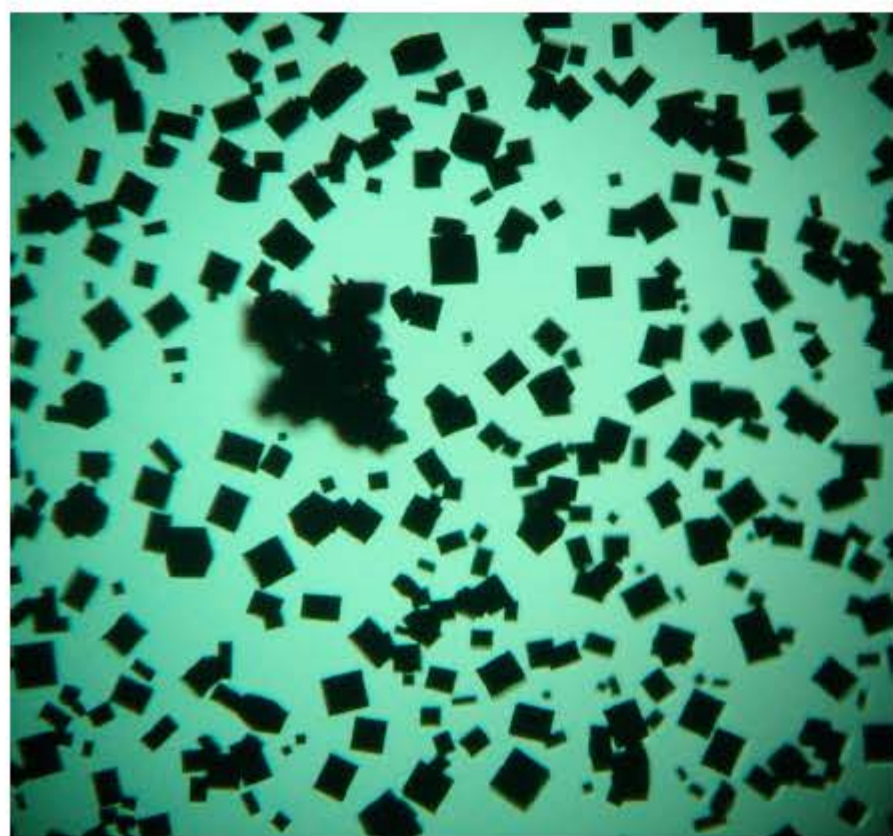
## Adherencias metálicas

En algunas ocasiones el antropólogo forense examina casos en los que se sospecha que un hueso fue impactado por un proyectil de arma de fuego, pero la evidencia no es muy clara (por ejemplo, no se dispone del fragmento completo de la estructura ósea, o simplemente no son observables a la vista).



**Figura 7.** *Fragmento de hueso humano con coloración azul visto al microscopio de luz polarizada.*

**Autor Figura 7:** Grupo de Evidencia Traza. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Bogotá – Colombia.



*Figura 9. Cristales de sal triple de nitrato. Prueba positiva para plomo.*

*Autor Figura 9: Grupo de Evidencia Trazas.  
Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias  
Forenses – Colombia.*

## Toxicología en tejidos óseos

Aunque las mejores matrices para la búsqueda de sustancias tóxicas y drogas de abuso las constituyen tejidos blandos, en cuerpos esqueletizados la única opción está en los huesos. Aunque esta área de la toxicología forense aún no está muy desarrollada, en varias partes del mundo se han realizado importantes e interesantes avances en los cuales se ha logrado la detección de algunas drogas como fentanilo, amitriptilina y morfina (Gautam et al., 2013).

Las drogas y otras sustancias de interés forense, durante la toxicocinética en el cuerpo humano (o en animales), pueden llegar a acumularse en el tejido óseo en concentraciones suficientes para ser detectadas por una variedad de métodos analíticos (ELISA, cromatografía de gases, cromatografía líquida,

espectrometrías de absorción y emisión atómica, entre otros). Estas sustancias no se acumulan con igual intensidad en todos los huesos, lo cual determina que haya diferentes grados de dificultad para el análisis y acorde al hueso examinado.

La acumulación de metales pesados como el plomo en el hueso, conduce a condiciones especiales de estos, reconocibles incluso después del enterramiento (Pounds et al., 1991). Este fenómeno puede presentar interés forense en la identificación de restos humanos, al poder asociarlos a una actividad, a una historia clínica en particular o en el abordaje de homicidios donde la intoxicación no es aguda, sino crónica (por ejemplo, motivaciones sentimentales, económicas o de poder) y en hechos punibles de carácter ambiental.

La literatura también ha reportado los efectos crónicos de drogas de abuso “como la marihuana” sobre los huesos. El uso continuo de cannabinoides afecta la regulación de la densidad de los huesos, por lo tanto, se le ha asociado a la pérdida de masa ósea, que puede generar efectos visibles en los dientes como la periodontitis erosiva severa (Reece, 2009).

## Conclusión

El presente capítulo muestra en principio la necesidad de la interdisciplinariedad durante la necropsia médico-legal, en este caso, la interacción entre el diagnóstico que adelantan los antropólogos forenses y el importante apoyo que puede prestar a este el diagnóstico desde la Química Forense, lo cual en últimas resulta una simbiosis que enriquece el resultado final de la necropsia médico-legal.