Revista Colombiana de Medicina Legal y Ciencias Forenses 2013 1(1) 81-84
Disponible en http://www.medicinalegal.gov.co

REPORTE DE UN CASO DE COLORACIÓN AZUL- VERDOSO POR PROCESOS DIAGENÉTICOS EN RESTOS ÓSEOS EXHUMADOS

Blue-green bone coloration due to diagenetic processes in exhumed human remains – case report

Carlos Martín Molina Gallego[1-3], M.Sc., Jairo Peláez Rincón[2], B.Sc.
[1]Geólogo Forense, Grupo de Evidencia Traza, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá, Colombia
[2]Químico Forense, Grupo de Evidencia Traza, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá, Colombia
[3]Autor para correspondencia:
Carlos Martín Molina Gallego: cmolina@medicinalegal.gov.co

Resumen: Al Grupo de Antropología Forense del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (en adelante INMLCF) de Colombia ingresan cotidianamente cadáveres complejos[1], cuyas estructuras óseas suelen presentar diversidad de cambios físicos que pueden corresponder a la acción de agentes tafonómicos o a maniobras realizadas por los victimarios. Dentro de dichos cambios se pueden mencionar entre otros, la presencia de adherencias o coloraciones atípicas en la superficie del tejido óseo, las cuales constituyen la problemática que se aborda en el presente artículo.

El Grupo de Evidencia Traza del INMLCF apoya al área de Antropología Forense en el estudio y diagnóstico de diversidad de casos relacionados con cadáveres complejos, es así como entre los años 2009 y 2010, dicho laboratorio solicitó establecer la identificación de las adherencias encontradas en varias estructuras óseas de cuerpos procedentes de fosas clandestinas halladas en sector rural del departamento de Putumayo, Colombia.

El estudio inicial por estereomicroscopía y microespectroscopía indicó que no se trataba de una adherencia, sino de una transformación del propio hueso. Posteriores análisis por fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido, permitieron concluir que el origen de la coloración correspondía a la transformación de hidroxiapatita en el mineral vivianita.

Palabras clave: Estereomicroscopía, microespectroscopía, fluorescencia de rayos X, microscopía electrónica de barrido, hidroxiapatita, vivianita, huesos azules.

Abstract: Once in a while the Forensic Anthropology Group of the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences of Colombia (INMLCF) receives skeletonized bodies with atypical adherences or colorations which generate doubts about whether they are linked to the events that led the person to death or are the result of natural chemical transformations.

The Trace Evidence Group of the INMLCF helps the Forensic Anthropology Group to solve these cases. During 2009 and 2010 this last group requested the identification of some adherences found on several bone structures from bodies recovered from clandestine graves located at the Department of Putumayo, in Colombia.

The initial study by stereomicroscopy and FTIR microspectroscopy revealed it was not an adherence but a natural transformation of the bone material. Further analysis by XRF and SEM showed that the coloration was due to the chemical transformation of hydroxyapatite into vivianite.

Keywords: Stereomicroscopy, microespectroscopy, X ray fluoresence, scanning electronic microscopy, hydroxyapatite, vivianite, blue bones.

Introducción

Una de las fortalezas que presenta el INMLCF es la diversidad de disciplinas científicas que coexisten en él. Esta particularidad facilita el abordaje forense interdisciplinario, obtención y optimización de los resultados entre sus diferentes áreas misionales.

Con la problemática social por la que ha atravesado el país durante más de medio siglo, donde una de las prácticas usuales de los agentes generadores de violencia es la desaparición forzada de personas y su potencial muerte, es usual que al Grupo de Antropología Forense ingresen cadáveres complejos recuperados durante la inspección a tumbas clandestinas localizadas en diferentes puntos de la geografía nacional. La permanencia de estos cuerpos en sus tumbas va desde días hasta décadas y la variedad de suelos en los que se encuentran es igualmente diversa, dadas las condiciones geográficas y geológicas del territorio colombiano.

1 En la Circular N° 08-2011-D.G. -Abordaje de casos complejos de patología forense, Bogotá, Colombia, abril 13 de 2011, el INMLCF define un cuerpo complejo como "....aquel cadáver que presenta alteraciones intencionales realizadas con el fin de obstaculizar su identificación, ocultar o enmascarar lesiones, ocultar el cuerpo y/o descartarlo en condiciones que retarden o impidan su hallazgo y por consiguiente la investigación judicial. En estos se incluyen los cuerpos en diverso estado de descomposición, carbonización, esqueletización, entre otros.

Entre las responsabilidades del Grupo de Antropología Forense están no solo el aportar información que apoye el proceso de identificación de las víctimas, sino también al esclarecimiento de los hechos en que se produjo su muerte, es decir, a brindar información útil a la necropsia para orientar la conclusión médica sobre causa, manera, mecanismo de muerte, intervalo *posmortem* y presencia o ausencia de signos de tortura, entre otras.

En los años 2009 y 2010, el citado grupo de trabajo recibió varios cadáveres esqueletizados recuperados de una fosa ubicada en el departamento del Putumayo, Colombia, los cuales presentaban en su superficie diversas áreas con coloraciones que variaban entre azul y verde. Al inicio del estudio por parte de los antropólogos forenses se planteó que dichas áreas adherencias podrían aportar información acerca de los hechos que rodearon la muerte de las personas, razón por la cual se remitieron al Grupo de Evidencia Traza del INMLCF varias estructuras óseas y un raspado de cortical mandibular que presentaban las citadas coloraciones; la solicitud específica era identificar su etiología.

Materiales y métodos

La toma de la muestra fue realizada en primera instancia por los peritos antropólogos forenses del INMLCF, quienes remitieron varios huesos carpianos, metacarpianos (Foto 1), raspado tomado de diferentes áreas de mandíbula (Foto 2) y húmero (Foto 3) y un fragmento de arco costal. Posteriormente, en el laboratorio de Evidencia Traza de la misma entidad se tomaron submuestras con bisturí a uno de los metacarpos, tanto del área azul, como de las áreas libres de esta coloración, mientras al arco costal se le seccionó un fragmento que presentaba la coloración.

Foto 1. Huesos metacarpianos y carpianos con coloración azul

Foto 2. Áreas de mandíbula con coloración azul de donde se tomaron muestras

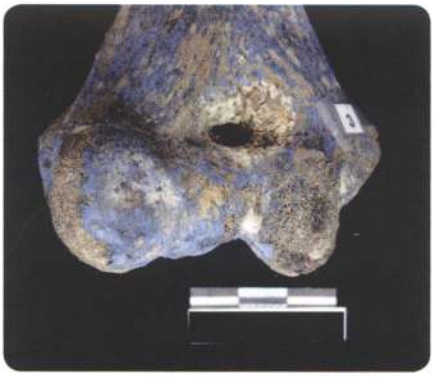

Foto 3. Áreas de húmero con coloración azul de donde se tomaron muestras

La totalidad de las muestras fueron observadas inicialmente bajo estereomicroscopio Nikon SMZ1000, luego por microscopía de luz polarizada (microscopio MLP Olympus BX51) y posteriormente por microespectroscopía infrarroja con transformadas de Fourier (Microscopio FTIR Varian 600-UMA acoplado a un espectrofotómetro Varian Scimitar 2000 FT-IR) en modo de transmisión utilizando pastilla de KBr.

Submuestras del metacarpo fueron remitidas al entonces existente, Laboratorio de Geología Forense del INMLCF. El fragmento de arco costal y la fracción de raspado llegaron al área de Geología directamente desde el área de Antropología. Se procedió a describir todas las muestras utilizando un estereomicroscopio Carl Zeiss MC80, luego se observó su comportamiento óptico con un microscopio de luz polarizada Olympus BX51.

Una vez obtenido el panorama inicial de los elementos puestos a disposición del laboratorio, se consideró pertinente usar otras técnicas de evaluación, por lo cual se solicitó el apoyo a la Universidad Nacional de Colombia para efectuar análisis por fluorescencia de rayos X (XRF) con el equipo MagixPro PW -2440 Philips equipado con tubo de rodio y potencia máxima de 4 KW, y el *Netherlands Forensisch Instituut* de Holanda adelantó el análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM).

Resultados

Los resultados iniciales obtenidos con la observación del metacarpo utilizando estereomicroscopio permitieron determinar que la coloración azul no correspondía a una adherencia. El análisis por microscopía de luz polarizada mostró colores de interferencia en la muestra con coloración azul, no presentes en la muestra sin coloración. Estos resultados indicaron que el origen del color azul presente en el hueso podría estar asociado a una impregnación o a un cambio diagenético del hueso.

Para dilucidar lo anterior, se tomaron espectros infrarrojos a la zona coloreada como control a la zona libre de dicha coloración. La Figura 1 muestra el espectro infrarrojo obtenido de la zona no coloreada del hueso. Este espectro es consistente con el de la hidroxiapatita, material de construcción que constituye gran parte de la composición inorgánica de los huesos.

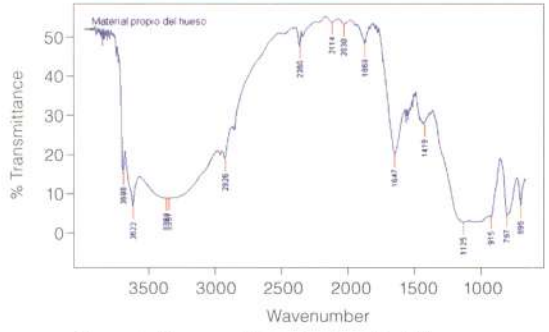

Figura 1. Espectro infrarrojo obtenido de la zona no coloreada del hueso.

La Figura 2, que corresponde al espectro infrarrojo tomado a la zona de coloración azul, muestra variaciones en las relaciones de intensidad de varias bandas, tanto en las regiones de 4.000 a 2.800 cm^{-1} como en la de 1.700 a 1.000 cm^{-1} con una intensificación apreciable de la banda en 1.432 cm^{-1} correspondiente a la tensión del grupo carboxilo (CO) que sugiere una transformación en el material constitutivo del hueso.

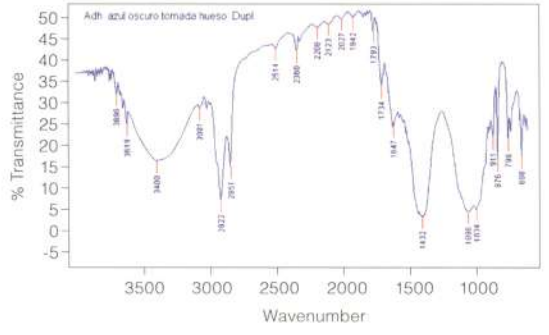

Figura 2. Espectro infrarrojo obtenido de la zona coloreada del hueso.

En la muestra retirada del arco costal, que tenía pequeñas y aisladas pigmentaciones de color azul-amarillo, y en el raspado del fragmento de hueso de mandíbula de color azul verdoso, se observaron al estereomicroscopio agrupaciones radiales de cristales tubulares con superficie plana de color verde y brillo vítreo (Foto 4). Las observaciones al MLP (microscopio MLP Olympus BX51) permitieron apreciar en estas mismas muestras, características de relieve alto y pleocroísmo con nicoles paralelos, así como anisotropía y carácter biáxico positivo de los cristales con nicoles cruzados para el primer caso (Foto 5). Para el segundo, se observaron las mismas propiedades ópticas, pero los cristales presentaban aspecto fibroso. Con respecto al color amarillo, el comportamiento óptico fue opaco.

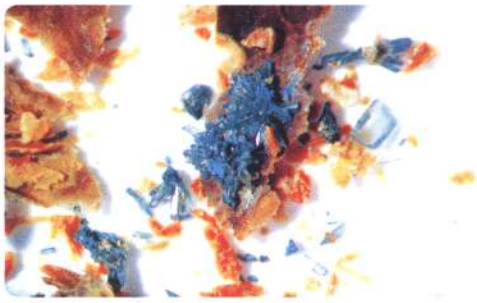

Foto 4. Cristales del mineral vivianita vistos con el microscopio de luz polarizada.

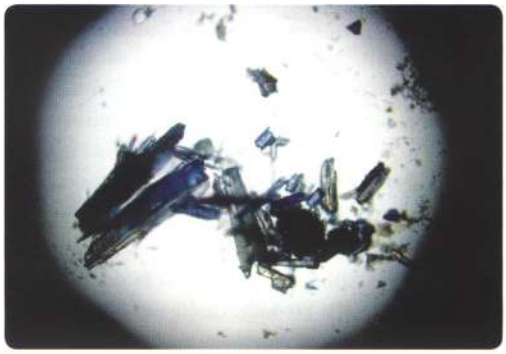

Foto 5. Agrupación radial de cristales tabulares color verde vistos con el estereomicroscopio

Autor fotografías: 1, 2 y 3 Mónica Chapetón.
Autor fotografías: 4 y 5 Martín Molina.

El resultado complementario por la técnica de XRF (MagixPro PW -2440 Philips equipado con tubo de rodio y potencia máxima de 4 KW (Universidad Nacional de Colombia) para el fragmento del metacarpo (Tabla 1), permite ver una composición de fosfato de hierro consistente con el mineral vivianita y fosfato de calcio, que corresponde a la hidroxiapatita que forma el hueso, mientras que en la Tabla 2 se aprecia concentración de fosfato de hierro en la muestra. En esta muestra del raspado de la coloración, también se hizo SEM (Figura 3) y corrobora la composición química del mineral vivianita.

Compuesto o elemento	Fragmento de hueso metacarpo con coloración azul y amarillo
Fe2O2	9,331
CaO	44,206
P2O5	24,969
S	0,224
Na2O	0,761
SiO2	0,657
Cl	0,242
Zn	0,389

Tabla 1. Composición elemental semicuantitativa por FRX de hueso metacarpo.

Compuesto o elemento	Raspado de hueso de mandíbula con coloración azul verdoso
Fe2O2	62,504
CaO	0,939
P2O5	24,768
S	-------*
SiO2	1,393
Al2 O3	1,237

----* = LLD por debajo del límite de detección

Tabla 2. Composición elemental semicuantitativa por XRF del raspado de hueso de mandíbula.

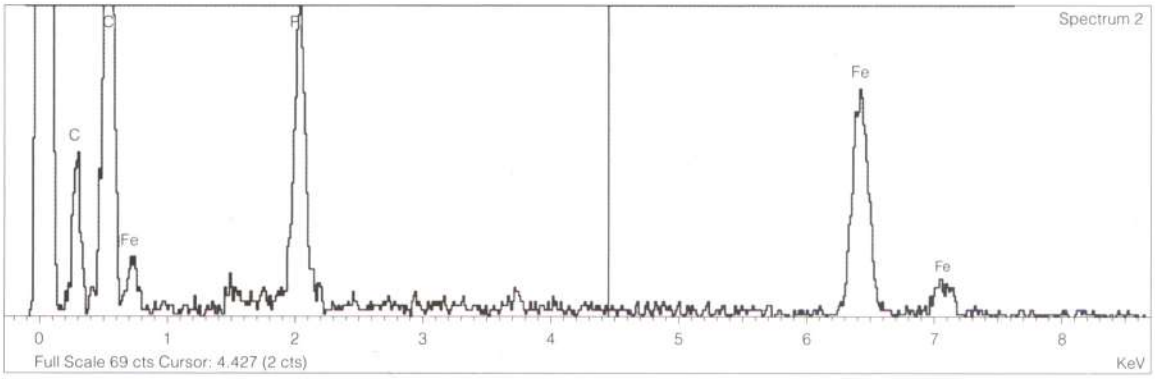

Figura 3. Espectro semicuantitativo del raspado de mandíbula por SEM.

Conclusión

Las propiedades físicas, ópticas y composición química determinadas a los cristales encontrados en el metacarpo, costilla y raspado de hueso de mandíbula examinados, permiten concluir que las coloraciones presentes en las muestras óseas corresponden a cristales del mineral vivianita, la mayoría de color verde y otros azules.

El mineral vivianita tiene como uno de sus orígenes el producirse en condiciones de oxidación en enterramientos enriquecidos con hierro (Fe) y fósforo (P) en suelo húmedo. El color amarillo también es parte de la oxidación que debió haberse presentado en el suelo donde estaban inhumados los cadáveres. Los colores mencionados forman parte del proceso diagenético de transformación del hueso en mineral. Estos resultados son consistentes con la procedencia de las muestras mencionadas.

Agradecimientos

Al INMLCF, a la Universidad Nacional de Colombia, a la "*International Union of Geological Sciences - Initiative on Forensic Geology*" (IUGS-IFG) y al *Nederlands Forensisch Instituut.*

Bibliografía

- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Circular N° 08-2011-D.G. Abordaje de casos complejos de patología forense. Bogotá, Colombia, abril 13 de 2011.
- Fagel, N., Alleman L., Granina L., Hatert F. Thamo-Bozso E, Cloots R, André L. "Vivianite formation and distribution in Lake Baikal sediments". Global and Planetary Change. Elsevier. 2005; 46:315-336.
- Frost R., Weier M., Martens W., Kloprogge T., Ding Z. Dehydration of synthetic and natural vivianite. Thermochimica Acta Elsevier. 2002; 401:121-130.
- Minerales. Guías de Naturaleza Blume. Barcelona; 1990:182-183.
- The Audobon Society. Field Guide to North American Rocks and Minerals. Ed. 11. New York; 1993:53, 99, 529, 531, 544.