

## TERMOCOLORIMETRIA DE HUESOS HUMANOS: UNA PROPUESTA.

*Roberto Rodríguez Suárez*  
*Laboratorio de Arqueología, Museo Antropológico Montané*  
*Facultad de Biología, Universidad de la Habana-Cuba.*

Algunos pueblos primitivos practicaban la cremación dentro de sus hábitos funerarios. Tales prácticas constituyen un interesante rasgo distintivo de esos grupos, caracterizado por variaciones estilísticas en su ejecución.

Para su estudio desde el punto de vista arqueológico, en general los investigadores proponen separar el material óseo incinerado de la siguiente manera:

- a) Cremación sobre piras individuales o colectivas.
- b) Cremación de cuerpos completos o desmembrados y
- c) Cremación de cuerpos en estado esquelético o inmediata a la muerte del individuo. (*Binford, 1963*).

Tal complejidad ha obligado a un grupo de investigadores a simular en el laboratorio situaciones de incineración que le permitan obtener un material de referencia para el estudio y observación de ciertas particularidades que tal efecto origina en los restos óseos, a saber: de carácter morfológico, estructural y de composición, que condicionan la comprensión del fenómeno.

### ANTECEDENTES

Los trabajos más profundos sobre estudios de cremación en huesos humanos han sido realizados por *Krogman (1939)*; *Webb y Snow (1945)* (cit. por *Binford*, ob. cit.) y *Baby (1954)*. Posteriormente, *Binford (1963)* y *van Vark (1970)*, retoman el tema y llevan a cabo nuevas investigaciones de laboratorio que permitieron ahondar más en el asunto, con el fin de analizar y comprender la situación de entierros colectivos de determinados grupos culturales que practicaban la cremación como costumbre funeraria.

Estos estudios han demostrado que los procesos de incineración pueden producir cambios en el tamaño y la forma de los huesos. La cuantía de la reducción del material osteológico ha podido determinarse mediante incineraciones experimentales, observándose que la misma oscila en un rango de 1 a 25%, dependiendo esta variación de la textura del hueso, la temperatura y la duración del proceso. ( *Van Vark*, 1970)

Los resultados han reafirmado que dichas mermas son muy pequeñas por debajo de 700 °C , sin embargo, ocurren en un orden progresivo entre 700 y 900 °C, no originándose cambios adicionales a temperaturas más altas.

Otras experiencias demuestran que se producen variaciones regulares de color con el incremento de la temperatura durante el acto crematorio. Por otra parte, estudios comparativos han permitido observar formas de fractura diferenciales en los restos óseos, que se erigen en una fuente de información más, de gran utilidad para determinar la intensidad y en qué condiciones los huesos sufrieron la acción del calor. Experimentos realizados por Baby (ob. cit.) y Binford (ob. cit.), muestran que la incineración del material osteológico procedente de un cadáver totalmente esqueletizado, produce una cuarteadura sobre la superficie y hendiduras longitudinales en el caso de los huesos largos, pero no deformación o alabeo de éstos, ni tampoco torceduras, a diferencia de lo que ocurre en huesos frescos o procedentes de un cadáver sometido a una cremación inmediata a la muerte. En estos casos, el proceso crematorio conduce a la formación de líneas de fractura transversas y hendiduras lineales irregulares y quebradas, acompañado de marcadas deformaciones. Esto nos permitirá determinar, si la acción del calor se produjo sobre un cadáver en estado esquelético o sobre un individuo sometido a estas incidencias con la presencia de partes blandas cubriendo sus huesos. (*Ubelaker*, 1978; *Stewart*, 1979).

A posteriori, *Thurman* (1980-81) realizó cremaciones experimentales proponiendo que aún la incineración de huesos frescos o

cubiertos de músculos presentan diferencias en su forma de fractura.

## EXPERIMENTOS REALIZADOS EN NUESTRO LABORATORIO.

Con el fin de proceder desde el punto de vista selectivo en forma correcta durante el muestreo de restos óseos humanos o animales para la determinación de cronometrías por el Método Colágeno en nuestro país, habida cuenta la incidencia desfavorable que el fuego ejerce sobre estos materiales, hemos diseñado un modelo experimental que nos permita fijar un patrón de selección adecuado. Esto redundará en una mayor precisión de los fechados, al descartar aquellos materiales que hayan sufrido acción del calor y que por tanto no conserven la cantidad de colágeno medible como una función del tiempo. Por otra parte, estos estudios representarán un instrumento de gran utilidad en el análisis de los hallazgos de huesos cremados que aparecen en los sitios arqueológicos. (*Brothwell, 1963; Gejvall, 1969*).

El modelo difiere un tanto de los concebidos por los autores antes citados, teniendo en cuenta las costumbres dietarias de las comunidades aborígenes cubanas en lo referente al empleo de pequeños fogones para la cocción de sus alimentos y las posibilidades de la acción de éstos sobre huesos humanos que, por alguna circunstancia, se encuentren dentro del área de acción del foco calorífico.

Las modificaciones introducidas están referidas al tiempo de duración de cremaciones simuladas en el laboratorio empleando huesos pertenecientes a cadáveres en estado esquelético desde hace varios años y fundamentalmente al establecimiento de una Escala Termocolorimétrica, partiendo de las observaciones de algunos autores acerca de la variación regular del color en los huesos sometidos a incineraciones de variable intensidad y cuyas opiniones son vertidas en forma global. (*Gejvall, ob.cit.; Rodríguez, 1987*).

## MATERIAL Y METODO.

Para la confección de la escala colorimétrica se emplearon huesos largos, específicamente fémures y tibias. El tratamiento térmico se llevó a cabo en una mufla eléctrica. Cada pieza fue sometida a temperaturas que aumentaban a intervalos de 100 °C, a partir de 200, y se introducían en el momento que el regulador del aparato marcaba el valor seleccionado, por espacio de una hora. De esta manera, se pretendía aislar el color o tono correspondiente a cada temperatura, que en términos de continuidad debían manifestarse en un hueso único sometido a una cantidad de calor progresiva entre 150 y 1000 °C.

En cada caso se utilizó la mitad del hueso, seccionado transversalmente, teniendo en cuenta la capacidad de la mufla. Algunos autores emplearon un tiempo de exposición a cada temperatura de 5 minutos, con el fin de calcular el por ciento de reducción, pero utilizando fragmentos muy pequeños (20 mm de largo) (*van Vark*, 1970). La selección de 60 minutos por nuestra parte, se justificaba por la necesidad de comprobar cuan constante permanecía el tono o color para cada valor, y de aproximarnos lo más posible a la situación de un fuego real de variables dimensiones con el fin de cocer los alimentos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con respecto a las variaciones de color, en efecto, puede observarse una delimitación de tonos de un mismo color o colores diferentes para cada temperatura en el rango entre 150 y 1000 °C, lo que brinda la posibilidad de determinar en qué medida el material óseo pudo ser afectado por el calor. Esta situación es perfectamente visible si se coloca un hueso a distintas alturas sobre la llama de un mechero de gas; en la medida que se acerca al centro del foco calorífico podrá apreciarse, aunque a cierta velocidad, como se manifiestan de la misma manera las variaciones colorimétricas aisladas durante el experimento en la mufla, hasta un estado en que el tejido óseo, a una temperatura

elevada, toma un color fijo característico de ella. Este se presenta a partir de los 800 °C, siendo dicho color, blanco. La experiencia se ha repetido en el caso de animales (*Capromys*), con huesos de distintas partes del esqueleto, observándose idéntico comportamiento.

Es necesario tener cuidado con la posibilidad de un enmascaramiento del grado de incineración del hueso. Debido a la influencia de bajas temperaturas, puede producirse un recubrimiento de carbón finamente dividido como consecuencia de una combustión incompleta del material combustible empleado. En la mayor parte de las ocasiones, este proceso ocurre a distancia, lo que implica una acción indirecta del fuego.

Como podrá inferirse, la posibilidad de que en cada intervalo de temperatura pueda aislarse una modificación colorimétrica particular, depende de la cantidad de materia orgánica que combustione. Al respecto *Wysoczanski* (1969) describe tres fases del proceso de descomposición térmica del hueso:

*1era fase.*- Las macromoléculas orgánicas se descomponen y se pierde el agua débilmente enlazada a la matriz fosfática. (Hasta 200 °C).

*2da fase.*- Todo el material orgánico, fundamentalmente colágeno, se incinera y se descompone en productos de desaminación y descarboxilación. Paralelamente a esta pérdida intensa, el agua fuertemente enlazada a la estructura fosfática se desprende continuamente. (Entre 200 y 600 °C).

*3era fase.*- Se descomponen los carbonatos de origen secundario en forma de CO<sub>2</sub>, propios de un resto óseo afectado por un proceso de fosilización en que los carbonatos constituyan el material fosilizante fundamental y continúa la pérdida del agua de enlace, quedando la matriz fosfática calcificada. (Entre 600 y 1000 °C).

Es de destacar, que el tamaño del hueso empleado no influye en su reducción; sin embargo, *van Vark* (1970), no refleja las que pueden ocurrir por debajo de 700 °C. Por nuestra parte, pudimos

hacer mediciones en este intervalo, aunque ciertamente éstas no eran de consideración, pero sí bastante bruscas entre 800 y 900 °C, como puede apreciarse en la tabla No. 1.

Para llegar a estos resultados, se determinó la longitud total de la pieza antes y después de la incineración. Conviene señalar que a partir de 1000 °C, los huesos no experimentan reducciones adicionales de consideración teniendo en cuenta que ya toda el agua de composición, así como la materia orgánica y carbonatos presentes se han perdido a esta temperatura. Por otra parte, la ruptura de la unidad orgánico-inorgánica del hueso, que garantiza su cohesión como ente sostén, se pierde, haciendo el hueso más frágil cada vez, impidiendo cualquier medición confiable desde el punto de vista antropométrico.

Resulta muy importante la observación realizada por varios autores respecto al hecho de que los huesos incinerados no sufren variaciones de tamaño después del entierro, como consecuencia de las conversiones cristalinas que experimentan las sales del tejido óseo, originando una forma resistente de la apatita, dato de especial utilidad para la estimación de un factor adecuado, útil en la determinación del sexo y la estatura a partir de estos materiales (*van Vark*, 1970). Al respecto. *Grube y Hummel* (1991) reportan que por encima de 800 °C la hidroxiapatita fisiológica se transforma en fosfato tricálcico beta, ocasionando hasta un 30% de reducción como consecuencia de la recristalización y fusión de los cristales del mineral óseo.

En la muestra de experimentación pudieron observarse las líneas de fractura longitudinales, características de huesos libres de músculos, cuya anchura y profundidad aumentan en función del incremento de la temperatura.

Posterior a la realización de estos experimentos, en que quedó establecida la Escala Termocolorimétrica por el autor, *Barba y Rodríguez* (1990) propusieron universalizar la misma a los

efectos de reducir los errores de apreciación en los colores de los huesos quemados empleando la Carta de Color Munsell.

Como los colores de los huesos patrones empleados en los experimentos varían ligeramente, se han incluido todas la variantes encontradas en el fragmento quemado.

### COLORES MUNSELL DE HUESOS QUEMADOS.

Temperatura (°C)	Color
150	10YR 7/6; 10YR 6/6; 10YR 5/6
200	10YR 5/4; 10YR 4/4; 10YR 4/3; 10YR 3/3
300	2.5Y 2/0
400	10YR 5/1; 10YR 4/1
500	10YR 7/1; 10YR 6/1
600	7.5YR 5/0; 7.5YR 4/0
700	7.5YR 8/0; 7.5YR 7/0
800	BLANCO
900	BLANCO

### CONCLUSIONES.

Los huesos manifiestan una variación regular de color por efectos de la temperatura, permitiendo establecer una Escala Termocolorimétrica de gran utilidad para estudios de cremación, tanto de material arqueológico como de interés forense. En esta última vertiente se ha visto su aplicabilidad en casos de catástrofes y otras variantes médico-legales, observándose su versatilidad. (*Soto y Rodríguez, 1988*).

- El estudio de las formas de fractura en huesos humanos da la posibilidad de diferenciar entre aquéllos que han sufrido la cremación de forma accidental o intencional; en este último caso, como parte de la ejecución de una costumbre funeraria o en la investigación forense donde es posible dilucidar las características del acto crematorio.

## BIBLIOGRAFIA

*Baby, R. S.:*

1954 *Hopewell cremation practices*. The Ohio Historical Society, papers in Archaeology, No.1,1-7.

*Barba, L. y R. Rodríguez:*

1990 *Acerca del color de huesos quemados*. Antropológicas, No.5,94-95.UNAM.México.

*Binford, L. R.:*

1963 *An analysis of cremations from the three Michigan Sites*. Wisconsin Archaeologist, Vol.44,98-110.

*Brothwell, D. L.:*

1963 *Burnt bones*. Digging up bones. British Museum. London. 14-16.

*Gejvall, N. G.:*

1969 *Cremations*. Science in Archaeology. D. Brothwell and E. H. Higgs eds.468-479.

*Grupe, G. y S. Hummel.:*

1991 *Trace elements studies on experimental cremated bones*. I. Alteration of the chemical composition at high temperatures. Journal of Archaeological Science, Vol. 18,177-186.

*Krogman, W. M.:*

1939 *A guide to the identification of human skeletal material F.B.I.* The Law Enforcement Bulletin, Vol. 8, No. 8. Washington.

*Rodríguez, R.:*

1987 *Escala termocolorimétrica par estudios de cremación en restos óseos*. Revista "16 de Abril", ISCMH, .No. 136,18-21. La Habana.

*Soto, H. y R. Rodríguez:*

1988 *Aquellos huesos quemados*. Revista Legalidad Socialista, No. 2,16-18. La Habana.

*Stewart, T. D.:*

1979 *Burned bones*. Essentials of Forensic Anthropology. Charles C. Thomas, Publisher,59-68.

*Thurman, M.D. y L. James Willmore:*

1980- *81A Replicative cremation experiment*. North American Archaeologist. Vol. 2 (4),275-283.

*Ubelaker, D.H.:*

1978 *Cremations*. Human skeletal remains. Excavations analysis, interpretation. Aldine manuals on Archaeology. 33-36. Chicago.

*Van Vark, G.N.:*

1970 *Some statistical procedures for the investigations of prehistoric human skeletal material*. Rijksuniversiteit te Groningen, 98-113. Groningen.

*Webb, W. S y Ch. E. Snow:*

1945 *The adena People*. University of Kentucky, Reports in Archaeology an Anthropology, Vol. 6. Lexington. Wysoc-zanski, T.

1969 *An attempt at relative age determination of fossil bones by fluorine-chlorine-apatite method*. Studia Geológica Polonica, Vol. 28,5-79. Warszawa.

#### RESUMEN

*El autor propone una escala donde se relacionan el color y temperatura a partir de la simulación de cremaciones en el laboratorio. La variación regular del color observada en función de la temperatura permite su aplicación en la investigación arqueológica y médico-forense. La escala propuesta fue universalizada empleando la tabla de colores Munsell.*

*Palabras-claves: termocolorimetría, huesos humanos.*

#### ABSTRACT

*The author suggests a scale that relates colour and temperature on the basis of laboratory-simulated cremations. The regular variation observed in colour as a function of temperatures allows it to be applied in archaeological research as well as a forensic medicine. The proposed scale was universalized by using the Munsell colour table.*

*Key-words: thermocolorimetry, human bones*