

# *Aplicación de técnicas no destructivas en la investigación de cadáveres momificados*

Por los Drs.

P. J. PÉREZ  
J. L. ARSUEGA  
J. M. GRANDA

## RESUMEN

Con objeto de ensayar nuevas técnicas y experimentar las ya conocidas de análisis en cadáveres cadavéricos y momias, se ha estudiado un cuerpo incorrupto que, procedente de la Iglesia Parroquial de Colmenar Viejo (Madrid), fue enterrado, con bastante probabilidad, en el siglo XVI. Los resultados obtenidos por un equipo interdisciplinar de especialistas, añaden datos inéditos y elementos de comparación a la investigación de esta clase de material, especialmente en los campos de la Antropología, Histología, Física Médica y, en general, en Paleopatología y Medicina Legal.

## *Antecedentes*

El auge espectacular que en los últimos tiempos han experimentado las investigaciones relativas

a cadáveres desecados y momias, se debe principalmente a dos circunstancias: el nuevo enfoque integrador con que son abordados estos temas y las modernas técnicas aplicadas (1), en contraste con las investigaciones individualistas y la escasez de medios técnicos de los pioneros en este campo (2). En relación con estos hechos, si bien el cadáver desecado por procesos naturales de un único personaje, desconocido, que vivió hace unos 400 años, no permite la obtención de conclusiones generales respecto a la población de la que formó parte, ni presenta tampoco interés especial desde los puntos de vista histórico o médico-legal, ofrece, no obstante, muchas y nuevas posibilidades de estudio. Un material como éste, resulta, en efecto, idóneo para llevar a cabo un estudio biomédico exhaustivo, mediante la aplicación sobre el cadáver de técnicas no destructivas, cuyo desarrollo o perfecciona-

miento es de interés para el análisis de otros casos de mayor valor intrínseco.

### *Estudio antropológico*

Aunque la importancia que para la Biomedicina y la Biofísica tiene esta clase de material empieza ahora a ser comprendida, es de destacar que aún no ha sido suficientemente valorado en Paleontología. Cuando se trabaja con poblaciones pretéritas, rara vez disponemos de otros datos que los esqueléticos, por cuya razón un gran número de características de variabilidad racial escapan a nuestra observación. La conservación de cuerpos con partes blandas permite su estudio y son frecuentes los trabajos descriptivos, no métricos, acerca de la pilosidad, el color de la piel y ojos, etc., pero sin que haya sido resuelto satisfactoriamente el problema de en qué medida se han visto alterados por el paso del tiempo o los procesos conservativos sufridos, naturales o artificiales (3). Como a menudo ocurre que dentro de una población son las momias los únicos ejemplares que suministran información de las medidas y proporciones en un mismo individuo, dado que el material aportado por la Arqueología rara vez está completo, se hace imprescindible adaptar a estos casos excepcionales las técnicas usuales en Somatometría. En otro lugar hemos dado a conocer los resultados obtenidos por nosotros en

un material como éste que exige introducir algunas modificaciones en los procedimientos habituales (4). Cuando ello es posible, debe llevarse a cabo un estudio comparativo entre el cadáver incorrupto y el resto de la población, porque a menudo la práctica de la momificación fue privativa de determinadas capas sociales (3) (Figs. 1 y 2). Un problema que paradójicamente se presenta en estos casos, es el del diagnóstico de la edad: a pesar de que la mayoría de los antropólogos están de acuerdo en que cuando más completos sean los restos más precisión se alcanzará en el diagnóstico (5), la especial naturaleza de los cuerpos conservados hace a los caracteres óseos relacionados con la edad muy poco accesibles. En realidad, en el estado adulto el criterio más fiable es el de la sínfisis púbica (5), que difícilmente puede ser observado en momias, incluso con el análisis de rayos X (6); en cambio, el método basado en el estado de la estructura interna de las cabezas femoral y humeral (7), nos ha permitido fijar la edad de nuestro sujeto en unos 40 años. Por otro lado, el estudio de líneas y bandas de densidad incrementada (8) puede, como en este caso, aportar información suplementaria.

### *Neurografía, Radiografía y Xerografía*

Desde hace tiempo, la Sección de Reactores Experimentales de

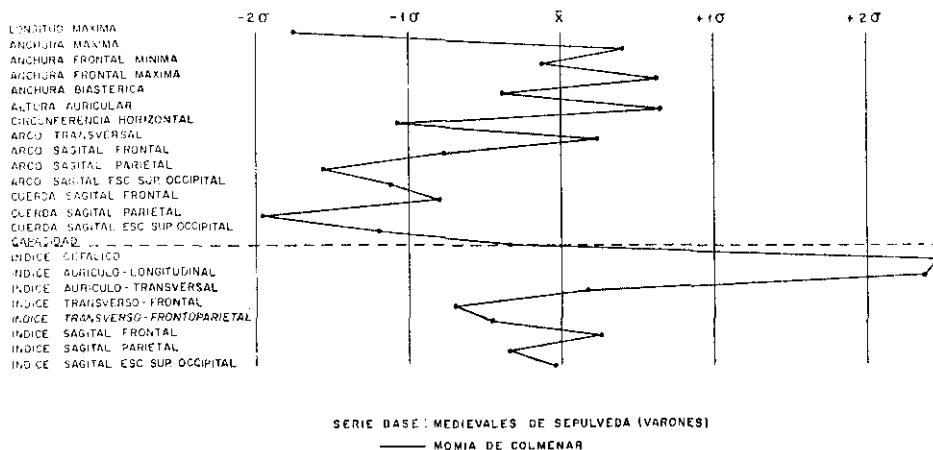


FIG. 1. Medidas e índices del neurocráneo.

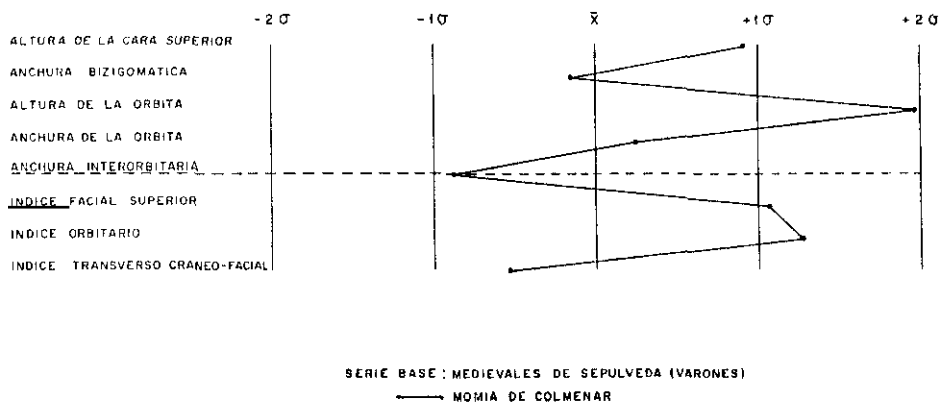


FIG. 2. Medidas e índices del esplanocráneo.

la Junta de Energía Nuclear trataba de realizar bioneutrografías (neutrografías de material biológico) con objeto de obtener imágenes que revelasen estructuras internas sobre muestras adecuadas; pues se habían sucedido una serie de experiencias bioneutrográficas —especialmente en crustáceos y moluscos, que por su pequeño tamaño tenían cabida en el haz de neutrones de la instalación neutrográfica del canal de irradiación— sin que los resultados fueran del todo satisfactorios. Merecía la pena repetir la experiencia sobre un nuevo material, al que habría que eliminar previamente el agua contenida en los tejidos. La fuerte dispersión de los neutrones que atraviesan el material, producida por el hidrógeno y otros elementos ligeros, repercute desfavorablemente sobre la nitidez de la imagen obtenida, siendo ésta la causa de la gran dificultad que ofrece la aplicación práctica a material biológico, de la técnica. El problema que entraña la eliminación del agua radica esencialmente en la alteración provocada en los tejido cuando se someten a una deshidratación, por lo que los numerosos ensayos encaminados a conseguir tal efecto no resultaron demasiado prometedores. La deshidratación natural del cadáver desecado de Colmenar venía a resolver el problema y a augurar buenos resultados, pues no conocíamos experiencias similares sobre material humano, y las imágenes esperadas podrían ser contras-

tadas con las obtenidas en los exámenes radiológicos. Ambas fuentes de información debían resultar parcialmente complementarias. Puede afirmarse, a la vista de los resultados, que aquélla es capaz de revelar imágenes de partes blandas que en la radiografía no llegan a visualizarse, o bien lo hacen de forma tenue, y que resulta especialmente útil en la identificación de imágenes en las que hay superposición con tejidos duros (9).

La exploración radiográfica permitió conocer el estado de osificación de cartilagos costales y algunas alteraciones, como la existencia de un pequeño osteoma intracraneal en el hueso frontal, próximo a la cavidad orbitaria izquierda (10).

Prescindimos de los estudios tomográficos por juzgarlos en nuestro caso de un interés menor, a pesar de que junto con las xerografías realizadas vendrían a completar el examen radiográfico, a falta de una exploración con Scanner (11).

#### *Contaminación biológica*

Antecedió a cualquier otro estudio la toma de abundantes fotografías en color, convencionales y de detalle, donde se hace bien patente la existencia de manchas blanquecinas, imagen común en este tipo de material, por proliferación de colonias de hongos (11, 12). Los análisis microbiológicos, encaminados a la identificación de

gérmenes responsables de la biodegradación del cadáver, permitieron conocer los microorganismos capaces de desarrollarse sobre el sustrato en las condiciones específicas en que se hallaba, y bloquear el proceso evitando su posterior desarrollo, mediante el control de las condiciones de microclima y concentraciones idóneas de germicida. Tras proceder a la identificación taxonómica de microorganismos aislados de la momia, se vio que la contaminación bacteriana era superior a la fúngica, figurando entre los gérmenes microbianos más frecuentes, los géneros *Alternaria*, *Penicillium*, *Bacillus*, *Micrococcus* y *Fusarium*, entre otros; y se diferenciaron los gérmenes que originariamente portaba la momia, de los que pudieron provenir posteriormente de contaminación ambiental (13).

### *Anatomía Patológica*

Se procedió a los análisis de microscopía óptica y estudio ultraestructural de las muestras, procedentes de párpado, cuero cabelludo, y de las cavidades torácica (tráquea, esófago, anejos musculares) y abdominal, accesibles gracias a las pérdidas *post mortem* de sustancia. De esta última sólo se tuvo acceso a la zona del hipocondrio, y no fue posible obtener muestras del resto de la cavidad sin practicar una laparotomía anterior, lo que no parece conveniente en vistas a la conser-

vación posterior del cadáver. El estado de conservación de tejidos es muy deficiente, siendo la estructura ósea de las mejores conservadas (14).

La descripción microscópica fue precedida de algunas consideraciones técnicas en torno al lugar de la inhumación del cadáver en vistas a la interpretación del fenómeno transformativo, para obtener la máxima información acerca de las complejas circunstancias internas y externas que determinaron la conservación. El estado extremo de caquexia que antecedió a la muerte, habría sido factor favorecedor de la momificación natural atípica de este cadáver, único que sufrió el proceso entre un número elevado de restos inhumados en el mismo lugar (15).

La concurrencia de varias circunstancias, como existencia de putrefacción torácica y no intestinal, ulceraciones de decúbito y rarefacción de la trama ósea que hacen pensar en un largo período de inmovilidad, así como un engrosamiento pleural, sinequias parietales y calcificación pleural, han inducido a los autores del estudio anatomopatológico (14, 15) a diagnosticar un proceso tuberculoso pulmonar apical izquierdo. La presencia de abundante depósito antracótico pulmonar, induce a pensar en la posibilidad de una neumoconiosis, que fácilmente habría favorecido el proceso tuberculoso.

Un fenómeno repetidamente observado en cadáveres desecados y

momias de épocas y poblaciones muy diferentes, es la presencia de depósito antracólico en los pulmones (16). Aunque se ha relacionado este hecho con la utilización del fuego en actividades domésticas, cabría preguntarse si la presencia de acúmulos de carbón tan abundantes como observamos en ocasiones, es debida únicamente a esta causa .

### *Contaminación química*

De las distintas técnicas de análisis de detección de elementos metálicos en antiguos restos humanos, como difracción de rayos X, absorción atómica, activación neutrónica (16, 17), se ha utilizado en nuestro caso la de fluorescencia de rayos X, técnica no destructiva, de evolución reciente y numerosas aplicaciones en la industria. Concentraciones anómalas de distintos metales pueden relacionarse con determinadas circunstancias, tales como ciertas alteraciones patológicas, envenenamientos, ingestión de medicamentos, o actividades profesionales (17). Interesa asimismo con fines comparativos en las condiciones actuales de contaminación química inherente a la era industrial, pues nos pueden dar una idea de los niveles de contaminación en épocas anteriores a ésta (16). Las muestras seleccionadas en el cadáver objeto de nuestras investigaciones procedían de tejido hepático, óseo, muscular y fragmentos

de cuero cabelludo y diafragma. Las concentraciones de elementos detectados no se diferenciaron sensiblemente de los obtenidos por los autores en un cadáver reciente no patológico (18).

### *Conservación*

En lo que respecta a la adopción de medidas encaminadas a la conservación futura de restos momificados a los que se ha privado del ambiente que favoreció su conservación, exponiéndose súbitamente a la acción de los diversos contaminantes biológicos y variantes atmosféricas, el procedimiento quimioterápico continúa siendo el más accesible. El de la radioesterilización —tratamiento al que fue sometida la momia de Ramsés II, suministrando dosis de 1,8 Mrad— cuenta con el inconveniente de que unidades de irradiación capaces de proporcionar dosis adecuadas no son frecuentes. En nuestro país sólo existe una en Cataluña.

Aparte del interés intrínseco de la identificación de microorganismos que portaba originariamente la momia, los resultados de los análisis microbiológicos, llevados a cabo en el C. N. R. (13), fueron de gran utilidad para proceder a la detención del proceso destructivo. Así, se conocieron las concentraciones mínimas letales de diversos germicidas capaces de inhibir el desarrollo de los gérmenes específicos aislados de ella, y

los controles apropiados de temperatura y humedad a que debía ser sometida.

ICROA colaboró, a nuestro requerimiento, en la elaboración de un informe, previo conocimiento de los estudios microbiológicos antecedentes y examen visual del cadáver (19). Lo más procedente, según los autores de dicho informe, aparte de la consolidación que evite daños de naturaleza mecánica, y a la vista de los datos y resultados obtenidos, es el tratamiento por los métodos tradicionales; esto es, mediante la aplicación de sustancias químicas tóxicas que permitan conseguir tanto un efecto inmediato como mantener un efecto residual de largo alcance. Al mismo tiempo, un sarcófago de características especialmente diseñadas para el adecuado control de las condiciones microclimáticas impide, aun en ausencia de una esterilización y aislamiento completos, el desarrollo de los agentes biodegradantes, inhibiendo sus procesos vitales.

### Otros aspectos de la investigación

Dado que la investigación de cadáveres desecados y momias proporciona datos de considerable extensión en el espacio y en el tiempo (3, 20), es de vital importancia la datación de los restos, por lo que han sido perfeccionadas algunas técnicas como el análisis por Carbono 14, la recemización de aminoácidos, etc. (21), que garantizan una buena aproximación al problema. Otras veces, como en nuestro caso, la antigüedad del cuerpo puede ser conocida con un cierto margen de seguridad a partir de los datos arqueológicos (16), y con una mayor precisión, mediante datación por tritio o bien por fósforo radiactivo (22).

Por último, cabe señalar que en la toma de muestras para estudio histopatológico y análisis por fluorescencia, se recogieron a su vez pupas y alas de insectos para identificación posterior de la fauna entomológica, así como restos de tejido de mortaja.

### BIBLIOGRAFIA

1. P. T. MASTERS, M. R. ZIMMERMAN, *Science* 201, 811 (1978); T. A. COCKBURN, *Science* 181, 470 (1973).
2. G. J. ARMELAGOS, *ibid.*, 163, 255 (1969).
3. I. SCHWIDETZKY, *Publicaciones del Museo Arqueológico de Santa Cruz de Tenerife* 2, 57 (1960); *ibid.* 4 (1963).
4. P. J. PÉREZ, J. L. ARSUAGA, S. BELLÓN, en *Ensayo de aplicación de técnicas convencionales e inéditas en el estudio de cadáveres desecados y momias*, J. P. Pérez, J. L. Arsuaga, J. M. Granda, Eds. (Publicaciones Departamento Paleontología, Madrid, 1979), p. 10.
5. S. GENOVÉS, *Introducción al diagnóstico de la edad y del sexo en restos óseos prehistóricos* (U.N.A.M., México, 1962; — en *Science in archaeology*, D. BROTHWELL, E.

- S. HIGGS, Eds. (Thames and Hudson, London, 1969), p. 440.
6. D. BROTHWELL, T. MOLLESON, P. GRAY, R. HARCOURT, *ibid.*, p. 513.
  7. GY. ACSÁDI, J. NEMESKERI, *History of Human Life Span and Mortality* (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970).
  8. S. M. GARN, F. N. SILVERMAN, K. P. HERTZOG, C. G. ROHMANN, *Med. Radiogr. Photogr.* 44, 58 (1968).
  9. V. ALCOBER, J. M. GRANDA, *op. cit.*, P. J. PÉREZ, J. L. ARSUAGA, J. M. GRANDA, Eds., p. 38; E. LLAGOSTERA, E. LLAGOSTERA, V. ALCOCER, J. M. GRANDA, *ibid.*, p. 42.
  10. E. LLAGOSTERA, *ibid.*, p. 32.
  11. M. BUCAILLE, *Méd. et Hyg.* 35, 2422 (1977).
  12. J. MOUCHACCA, *La Recherche* 8, 1108 (1977).
  13. N. VALENTÍN, V. VIÑAS, P. DÍAZ, *op. cit.*, P. J. PÉREZ, J. L. ARSUAGA, J. M. GRANDA, Eds., p. 26.
  14. J. BUJÁN, *ibid.*, p. 49.
  15. J. D. VILLALAIN, *ibid.*, p. 52.
  16. A. COCKBURN, R. A. BARRACO, T. A. REYMAN, W. H. PECK, *Science* 187, 1155 (1975).
  17. C. WELLS, M. & B. *Laboratory Bulletin* 8, 55 (1969).
  18. E. VAÑÓ, L. GONZÁLEZ, *op. cit.*, P. J. PÉREZ, J. L. ARSUAGA, J. M. GRANDA, Eds., p. 43.
  19. M. S. MANTILLA, J. M. CABRERA, *ibid.*, p. 62.
  20. C. WELLS, *Bones, Bodies and Disease* (Thames and Hudson, London, 1964); P. A. JANNSENS, *Paleopathology* (John Baker, London, 1970).
  21. P. T. MASTERS, M. R. ZIMMERMAN, *Science* 201, 811 (1978); E. H. WILIS, *op. cit.*, D. BROTHWELL y E. S. HIGGS, Eds., p. 46.
  22. P. J. PÉREZ, J. L. ARSUAGA, *Cisneros* 61, 17 (1978); *ibid.* 62, 32 (1978).