



ANÁLISIS MICROESTRATIGRÁFICOS DE RECUBRIMIENTOS CORPORALES DE UNA MOMIA CHINCHORRO, EXTREMO NORTE DE CHILE

MICROSTRATIGRAPHY ANALYSIS OF THE CORPORAL COATINGS OF A CHINCHORRO MUMMY, NORTHERN CHILE

Marcela Sepúlveda¹, Bernardo Arriaza², Vivien G. Standen³, Hélène Rousselière[†],
Elsa Van Elslande⁴, Calogero M. Santoro^{2, 5} y Philippe Walter⁴

Se presentan los resultados de una propuesta metodológica aplicada a la caracterización fisicoquímica de las capas pictóricas del cuerpo de una momia Chinchorro con técnica de preparación modelada. La utilización de microscopía electrónica de barrido con energía dispersiva de rayos X (MEB-EDX) y difracción de rayos X (μ DRX) permite confirmar que el emplaste que recubre a los individuos se compone por diferentes capas pictóricas, preparadas a base de arcillas y pigmentos minerales, aplicadas sucesivamente. Decoraciones anteriores recubiertas por nuevas capas de pintura muestran un acto intencional de repintado, lo que se interpreta como posibles ritos de cuidado y resignificación de los muertos. A su vez abre nuevas interrogantes respecto del rol que jugaron los muertos y ancestros en los ritos, ceremonias y vida diaria de los Chinchorro, sociedad de cazadores recolectores, pescadores arcaicos (7.000- 3.500 a.p.) que habitaron la costa del desierto de Atacama.

Palabras claves: Chinchorro, recubrimientos, capas pictóricas, MEB-EDX, μ DRX.

Results of a methodology applied for the physicochemical characterization of the layers of a coated body of a Chinchorro mummy are presented. Using scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray (SEM-EDX) and X-ray Diffraction (μ XRD) we confirm that the plaster that covers individuals is composed of different painted layers, prepared based on clays and mineral pigments. The decorations covered by new layers of paint show an intentional act of re-painting, which is interpreted as potential rites of care for and re-signification of the dead. This raises new questions about the role played by the dead and ancestors in the rites, ceremonies and daily life of the Chinchorro society of archaic hunters, gatherers and fishermen (7,000-3,500 BP) from the coastal Atacama Desert.

Key words: Chinchorro, Coating, Pictorial layering, SEM-EDX, μ XRD.

Estudios recientes han contribuido a precisar los conocimientos, técnicas e innovaciones tecnológicas desarrolladas por la tradición cultural Chinchorro, sociedad de cazadores pescadores y recolectores que habitó el sur del Perú y el norte de Chile durante el período arcaico (ca. 7.000-3.500 a.p.). Los resultados obtenidos hasta ahora dan cuenta que esta sociedad manejó conocimientos específicos sobre la anatomía y morfología del cuerpo humano, a partir de lo cual se desarrollaron complejas y variadas formas

para el tratamiento y preservación de los cuerpos, incluyendo la momificación artificial (Santoro et al. 2012; Standen 1997; Standen et al. 2014). La variabilidad de técnicas de momificación resultó en la aplicación de rellenos de los cuerpos y distintos acabados exteriores que han servido de base para clasificar el característico mundo ritual funerario de estos grupos del arcaico costero (Arriaza 1994 y 1995). En estas prácticas de momificación o “materialización del cuerpo” (Fahlander y Oestigaard

* Artículo seleccionado del conjunto de ponencias presentadas en el III Congreso Latinoamericano de Arqueometría, realizado en Arica, Chile, el año 2011. Este manuscrito fue evaluado por investigadores externos y editado por el Comité Editorial de la Revista.

¹ Laboratorio de Análisis e Investigaciones Arqueométricas, Departamento de Antropología, Universidad de Tarapacá, 18 de Septiembre 2222, Casilla 6D, Arica, Chile. marcelaasre@gmail.com, msepulveda@uta.cl

² Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá, Antofagasta 1520, Arica, Chile. barriazaarica@gmail.com; calogero_santoro@yahoo.com

³ Departamento de Antropología, Universidad de Tarapacá, 18 de Septiembre 2222, Casilla 6D, Arica, Chile. vivien.standen@gmail.com

⁴ Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale, Université Pierre et Marie Curie, Paris, Francia. elsa.van_elslande@upmc.fr; philippe.walter@upmc.fr

⁵ Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto (CIHDE), Avenida General Velásquez 1775, Arica, Chile. csantoro@cihde.cl

2008), los cazadores recolectores costeros emplearon una amplia diversidad de materiales disponibles en su entorno inmediato, como maderos, fibras vegetales, pieles, cabellos, cenizas, arcillas y pigmentos. Diversos estudios han empleado distintas técnicas fisicoquímicas para caracterizar la naturaleza de elementos y compuestos utilizados en las diferentes etapas de la momificación y acabado de los individuos. Fluorescencia de rayos X (FRX) se utilizó para analizar los elementos constitutivos del relleno y recubrimiento de varios individuos momificados Chinchorro (Arriaza et al. 2006; 2008; 2012). Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) permitió establecer datos cuantitativos sobre la presencia de manganeso en las momias (Gutiérrez 2007; Mella 2007). Recientemente, mediante Microscopia de Barrido con Energía Dispersiva de Rayos X (MEB-EDX) y Difracción de Rayos X (DRX) se caracterizaron las arcillas grises empleadas en el relleno de algunos cuerpos momificados (Arriaza et al. 2012; Van Hoesen y Arriaza 2011). A diferencia de los trabajos previos, la relevancia y originalidad del presente estudio radica en precisar, mediante análisis microestratigráfico, la composición y naturaleza del recubrimiento externo de las momias Chinchorro, enfatizando la diferenciación de capas. Para ello se prepararon las muestras en resina, para ser posteriormente analizadas mediante Microscopia Electrónica de Barrido con Energía Dispersiva de Rayos X (MEB-EDX) y Difracción de Rayos X (μ DRX). La elección de estas técnicas se debió a su carácter no destructivo, de modo de posibilitar la utilización de las muestras para otros eventuales análisis. Para ilustrar nuestro procedimiento y discutir la relevancia de esta opción metodológica se seleccionó un cuerpo momificado con recubrimiento superficial de color negro, correspondiente a la primera fase cultural de los Chinchorro ubicada entre ca. 7.000 y 4.800 años a.p. (Arriaza 1995; Arriaza y Standen 2002).

Materiales y Metodología

Las muestras seleccionadas provienen específicamente del tórax de un individuo adulto (Cuerpo 1) del sitio Maderas Enco, en la ciudad de Arica. Esta momia corresponde a una “momia negra”, con el cuerpo modelado con arcilla y recubrimiento superficial de color negro, pero con la particularidad de presentar, pintadas en su tronco, franjas horizontales rojas y amarillas alternadas (Figura 1). Las dos

muestras recolectadas en laboratorio fueron rotuladas como M.26 y M.27 (Figuras 1 y 2). La primera corresponde a un fragmento de una franja pintada roja, mientras la segunda a una franja de color amarillo.

Las muestras se realizaron en el Museo Arqueológico Universidad de Tarapacá San Miguel de Azapa para ser posteriormente trasladadas a los laboratorios LAMS (Laboratoire d'Archeologie Moléculaire et Structurale, Université Pierre et Marie Curie) y C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) en Francia. El muestreo se efectuó con bisturí cuyas hojas, usadas para cortar las micromuestras, fueron cambiadas en cada caso. Las pinzas empleadas se limpiaron con alcohol para cada muestra. Una vez realizada la selección, cada muestra fue depositada en un tubo vial de vidrio esterilizado, de 5 ml de capacidad.

En Francia cada muestra fue observada secuencialmente a la lupa binocular (Nikon-ZMS-10a), microscopio a diferentes aumentos x5, x10, x20, x50 (Nikon-Labophot 2-Xenon lamp, B-2A filtro; excitación de 450 a 490 nm; barrera 520 nm; espejo dicróico, 505 nm) y Microscopio Electrónico de Barrido (MEB); modelo Philips XL 30 CP, en modos electrones secundarios (SE) y electrones retrodifundidos (BSE). Posteriormente, cada muestra fue analizada elementalmente mediante el Espectrómetro de Dispersión de Energía (EDX) acoplado al MEB, de modo de obtener una identificación preliminar cualicuantitativa de los elementos presentes en las muestras. Los análisis fueron realizados en modo BSE (20 KeV, x1000-3000), con identificaciones puntuales y zonales. Además se realizaron cartografías de los elementos químicos más característicos de la muestra de modo de evaluar su colocación y dispersión. Para evitar cualquier efecto de carga y obtener imágenes de mejor resolución, cada muestra fue recubierta por una fina capa de carbón. El programa empleado para la adquisición de los datos fue “INCA 4.15”.

Finalmente, la utilización de un aparato de micro-Difracción de Rayos X (μ DRX), de fabricación propia (C2RMF) contribuyó a la caracterización estructural de los minerales empleados. El equipo se compone de un tubo de cobre de una longitud de onda de $\lambda = 1.54186 \text{ \AA}$, y un sistema óptico Kirchpatrick-Baez y de un detector de tipo 2D *imaging plate* de marca Rigaku R-Axis IV. Posee además un colimador para producir un haz de rayos X de diámetro aproximado de 250 μm regulable, mientras el ángulo incidente de 10° permite que el haz sea del orden del milímetro

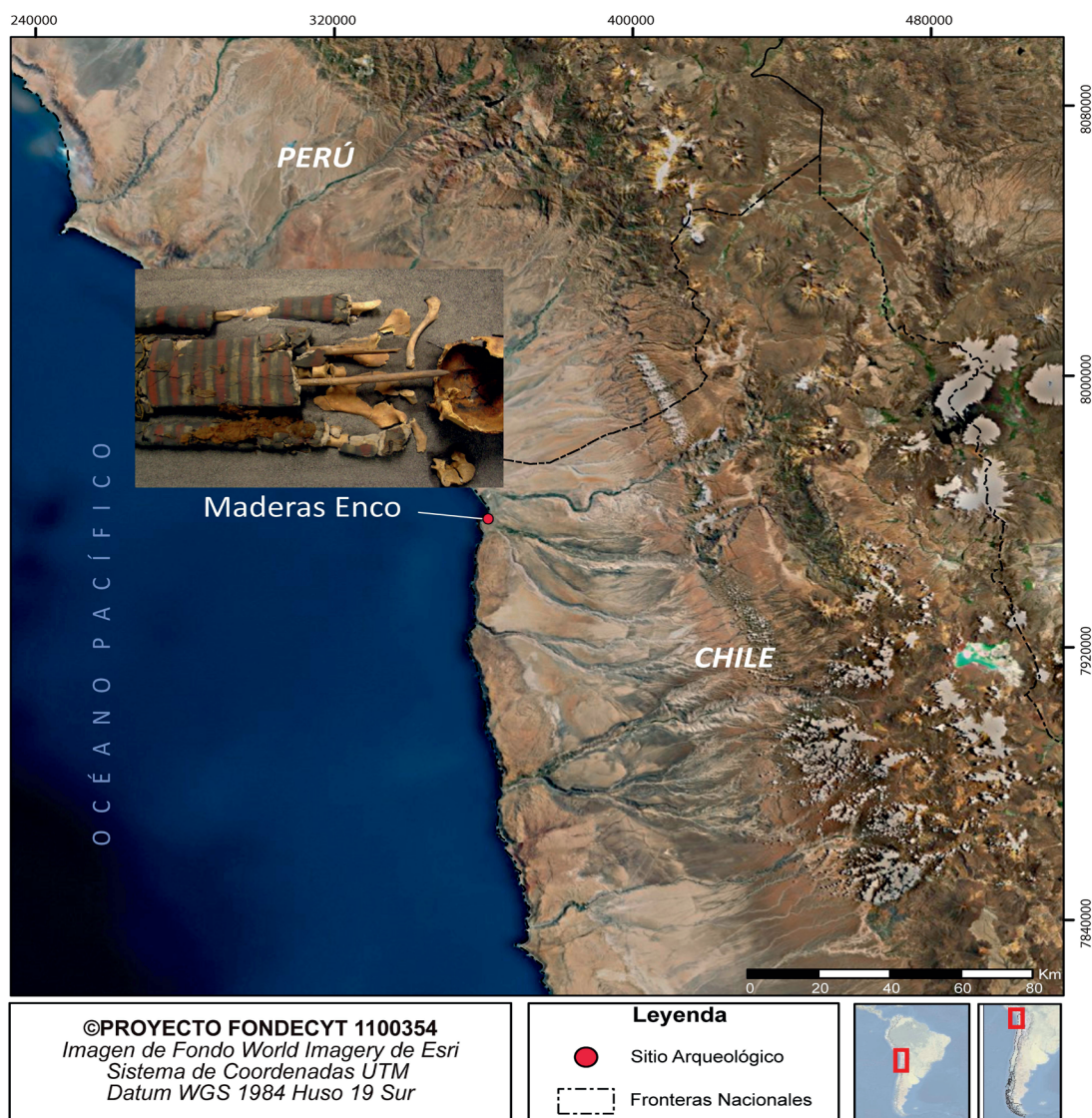


Figura 1. Mapa localización sitio Maderas Enco en el extremo norte de Chile.

Localization map of Maderas Enco site, northern Chile.

en la muestra. Los rayos difractados son emitidos en un cono 2θ grabado en el *imaging plate* de donde se extrae el difractograma. El tratamiento de los datos recopilados fue efectuado mediante el programa "FIT2D", mientras la identificación de las fases cristalinas se realizó con el programa "EVA". El espesor del material analizado es de aproximadamente 25 μm para elementos livianos (Al, Si, K) y de 10 μm para elementos pesados (Pb, Hg, Sn). La calibración del equipo se efectuó con un polvo de referencia de alúmina. La medición para cada muestra tardó aproximadamente 5 minutos.

Luego de la observación con microscopía óptica en el anverso y reverso de las muestras, estas fueron imbuidas en una resina para complementar su observación y análisis. Este tipo de preparación es común en la identificación y análisis de superposiciones de capas preparatorias de pinturas y barnices de pinturas de caballete históricas (De Viguerie et al. 2010; Mendoza 2008; Tomasini et al. 2012). Igualmente, ha resultado útil para el análisis de pinturas parietales y rupestres (Chalmin et al. 2003; Sepúlveda y Laval 2010; Vignaud et al. 2006). Esta resina es un polímero que tras una

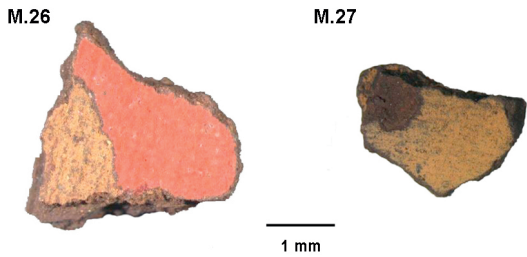


Figura 2. Anverso de muestras M.26 y M.27 observadas por microscopio óptico.
Front of samples M.26 and M.27 observed by optical microscope.

reacción fisicoquímica pasa de un estado líquido a sólido (Jia-Sun y Cunningham 1991; Plesters 1956; Wachowiak 2004). En ese estado, las resinas son pulidas cuidadosamente hasta alcanzar el borde lateral de la muestra, para posteriormente ser analizadas mediante las técnicas propuestas.

Resultados de los Análisis

La muestra 26 (M.26) presenta, desde la superficie hacia el interior del recubrimiento, 5 capas visibles con lupa binocular y microscopio óptico, de distintos espesores (Tabla 1; Figura 3), de composiciones más o menos similares en cuanto al tipo, tamaño y formas de los componentes e inclusiones. La capa 1 es un fino recubrimiento de pintura roja. La capa 2 de color marrón presenta grandes inclusiones negras en una matriz marrón. La

Tabla 1. Resumen descriptivo de capas identificadas en M.26 (ARI-8), desde la superficie hacia el interior del recubrimiento.

Descriptive summary of identified layers of M.26 (ARI-8), from the surface into the coating.

Capa	Color	Espesor (µm)
1	Rojo	35
2	Marrón oscuro	90
3	Marrón claro. En la superficie de esta capa se observan grandes granos amarillos correspondientes a una posible antigua decoración	180
4	Marrón claro. En la superficie de esta capa se observan los mismos granos amarillos de la capa 3	175
5	Gris-negro	500

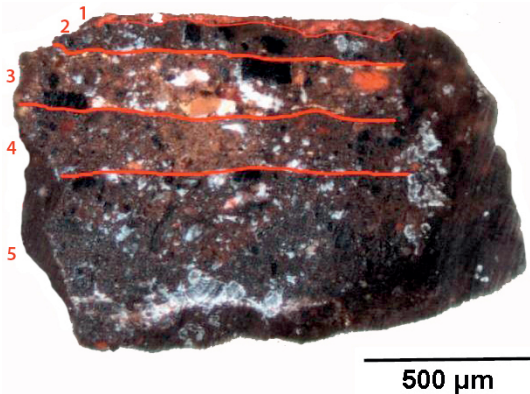


Figura 3. Corte transversal de M.26 observada por microscopía óptica con luz blanca polarizada.
Transversal cut of M.26 observed by optical microscope with polarized white light.

capa 3 presenta inclusiones negras similares, además de inclusiones rojas de gran tamaño en una matriz marrón clara. La capa 4 manifiesta una composición más homogénea en términos del tamaño y color de las inclusiones, en una matriz semejante a la capa anterior. La capa 5 muestra nuevamente inclusiones negras de gran tamaño y grises en una matriz de color gris-negro. En esta muestra destacan, entre las capas 2-3 y 3-4, la presencia de dos microestratos de granos de color amarillo correspondientes a posibles restos de pintura recubiertas por capas más oscuras de color marrón. Estas pudieron constituir capas distintas de aplicaciones decorativas superficiales que posteriormente quedaron recubiertas por otras capas de arcilla y pinturas. Estos microestratos, sin embargo, no son claramente distinguibles con las técnicas aquí empleadas. Para precisar e identificar estas posibles interfaces sería recomendable el uso de análisis *synchrotron*, por ejemplo.

En este estudio, la muestra M.26 solo fue analizada mediante μ DRX, de modo de probar la técnica de difracción sobre este tipo de muestras. En efecto, los difractogramas obtenidos inicialmente fueron difíciles de precisar dada la heterogeneidad de las muestras analizadas y la variedad de minerales presentes. Sin embargo, fue posible identificar para la totalidad de la muestra la presencia de hematita, correspondiente sin duda al mayor componente de la capa superficial roja. También, se identificó abundante calcita, cuarzo y manganita (MnOOH) (Figura 4). Finalmente, fue posible identificar criptomelana (KMn8O16), correspondiente a un mineral de manganeso utilizado, indudablemente, en

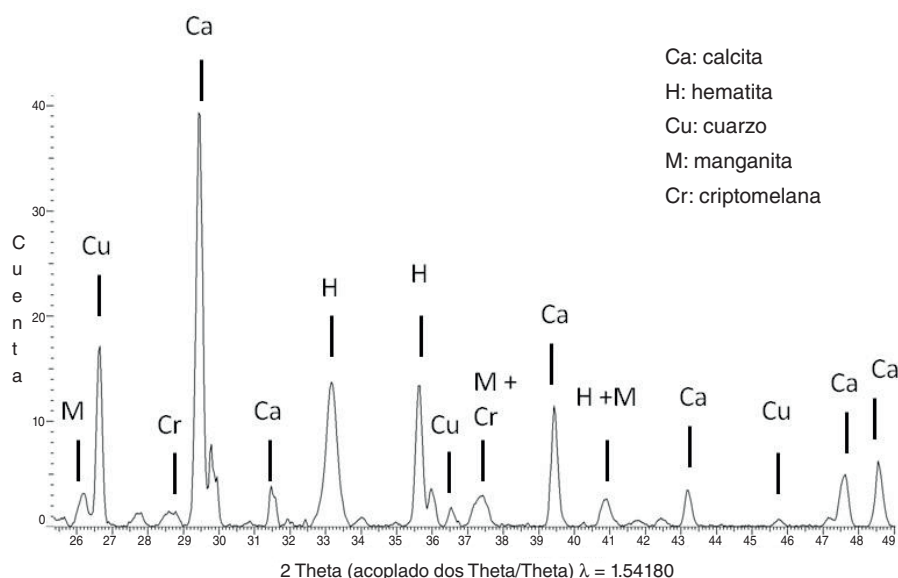


Figura 4. Difractograma de M.26.
Diffractogram of M.26.

las capas subyacentes de color marrón, observadas a la lupa y por microscopio. En algunas proporciones se observó mayor cantidad de criptomelana y menor cantidad de hematita, con la presencia ocasional de albita, indicándonos la necesidad de intentar distinguir las diferentes capas en sus particulares composiciones, aspecto que fue mayormente desarrollado en la muestra 27.

Observada con lupa y microscopio, la muestra 27 (M.27) indica igualmente la presencia de cinco capas, desde la superficie hacia el interior del recubrimiento (Tabla 2). Para esta muestra se realizaron análisis elementales de las capas mediante MEB-EDX. Posteriormente, se realizaron con la

misma técnica cartografías de la distribución de elementos, de modo de evaluar su colocación, como posibles asociaciones entre Al, Si, entre otros.

La capa 1 superficial se compone de un aluminosilicato, identificado por la presencia de Al y Si colocalizados. Las capas de revestimiento inferiores se componen de un material rico en manganeso (Figura 5), mezclado con una posible arcilla (Al, Si, K, Mg, Na) rica en óxidos de hierro. Se observan algunos granos de calcio (¿posible calcita?) a veces colocalizados con azufre (¿yeso?). En las capas de revestimiento es posible distinguir diferentes composiciones en función de la cantidad y el tamaño de los granos de manganeso identificados. Así, para la capa 2, el manganeso se encuentra mayoritariamente en forma de grandes granos negros. La capa 3 presenta la mayor cantidad de manganeso, distribuido homogéneamente, con granos, en general, de menor tamaño aunque se presentan también grandes granos. La capa 4 contiene manganeso pero esta vez como pequeños granos distribuidos de forma homogénea, siendo los grandes granos mucho menos abundante. Finalmente, en la capa 5 el manganeso es mucho menos abundante que en las demás capas. Mediante μ XRD se identificó para la totalidad de la muestra la presencia de manganeso cristalino bajo la forma de criptomelana y manganita, además de cuarzo (Figura 6). Se identifica también la presencia albita, calcita y un poco de caolinita.

Tabla 2. Resumen descriptivo de capas identificadas en M.27 (ARI-9), desde la superficie hacia el interior del recubrimiento.
Descriptive summary of identified layers of M.27 (ARI-9), from the surface into the coating.

Capa	Color	Espesor (μ m)
1	Blanco-amarillo	20
2	Marrón oscuro	170
3	Marrón claro	200
4	Marrón oscuro	340
5	Capa muy poco adherida, difícil de analizar	—

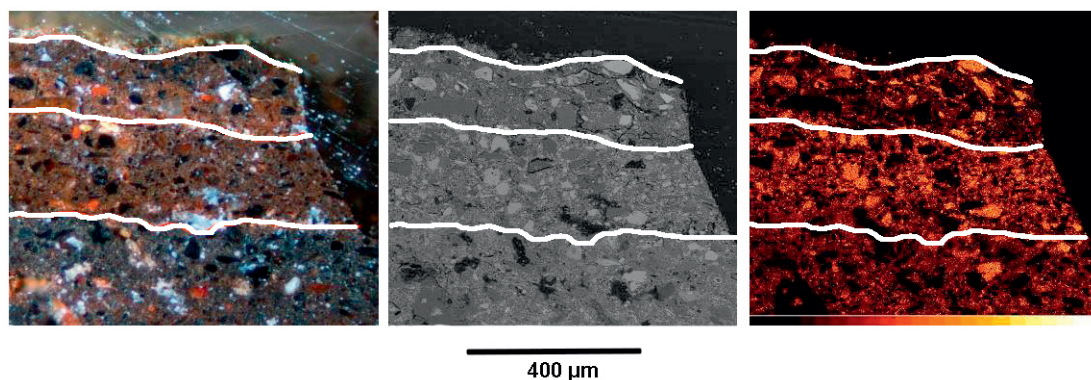


Figura 5. Análisis cartográfico de M.27 por MEB-EDX (en la Figura 5c el manganeso corresponde a los granos más claros).
Cartography analysis of M.27 by SEM-EDX (in Figure 5c manganese corresponds to the clearest grains).

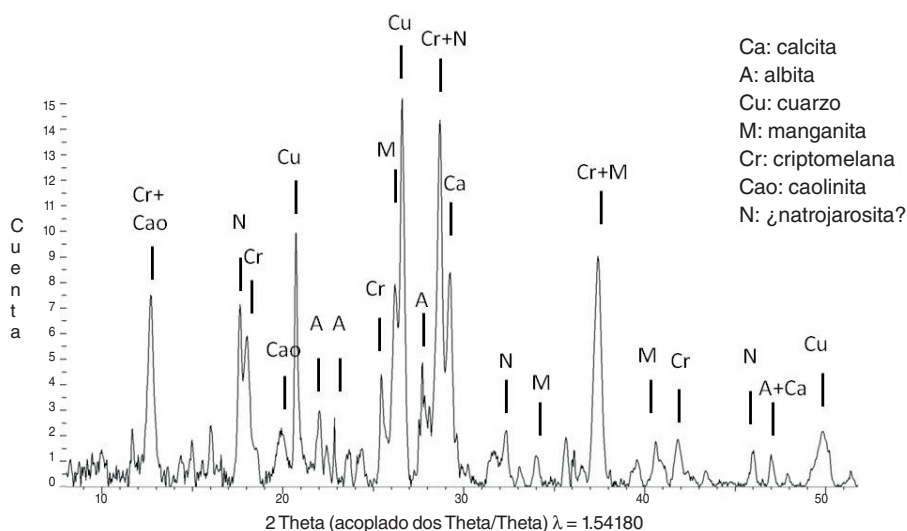


Figura 6. Difractograma por μ XRD de M.27.
Difractogram of M.27.

Algunos elementos parecen indicar la presencia de un poco de natrojarosita ($\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$; Sepúlveda, Gutiérrez et al. 2013).

Discusión y Conclusiones

Los análisis de Microscopía Electrónica de Barrido con Energía Dispersiva de Rayos X (MEB-EDX) y Difracción de Rayos X (μ DRX), aplicadas a dos muestras de revestimiento corporal de un individuo Chinchorro (M.26 y M.27) permitieron comprobar, empíricamente, la existencia de cinco capas superpuestas de características formales y químicas similares. Estos revestimientos se componen de un material arcilloso (con cuarzo, calcita, albita

y caolinita) y de un compuesto rico en manganeso (criptomelana y manganita). Tanto la proporción entre estos dos constituyentes principales, como el tamaño de las inclusiones varían de capa en capa, lo que parece ser el resultado de preparaciones que combinaron de manera diferente las mismas materias primas.

En la muestra 26 destaca la presencia, además, de posibles restos de pigmentos situados entre las capas 2-3 y 3-4 que pueden corresponder a aplicaciones de capas pictóricas decorativas, de función desconocida. La pintura roja en la superficie (capa 5) corresponde a la decoración actualmente visible. Se trata de una capa muy frágil que se desprende fácilmente, de ahí quizás la necesidad de retocar

los recubrimientos corporales. Esto implicaría que los cuerpos no fueron enterrados una vez finalizado su proceso de momificación. Otra posibilidad es que fueron enterrados y desenterrados en varias ocasiones, lo que habría provocado alteraciones más profundas y radicales, no observadas en este caso de estudio. Consecuentemente, no es posible precisar si este repintado fue parte de una etapa final del proceso de momificación del individuo o si este recibió retoques o reparaciones ulteriores en su recubrimiento corporal. Independientemente de cual fue el escenario, esto reafirma el cuidado particular que se tenía con los cuerpos una vez finalizados. Reparaciones intencionales de las capas del cuerpo han sido reportadas previamente (Bird 1943), lo que reitera la importancia de los individuos momificados en el rito fúnebre de las sociedades Chinchorro, pero también en la vida cotidiana de estos grupos.

Desde un punto de vista tecnológico, los resultados obtenidos confirman el manejo de conocimientos específicos en las capas pictóricas manejadas por estos grupos costeros. La combinación de pigmentos y arcillas en la preparación de las pinturas aplicadas como revestimientos corporales da igualmente cuenta de conocimientos particulares sobre las materias primas empleadas, en particular, las características plásticas o aditivas de las arcillas y el poder colorante de los minerales de manganeso y hierro. Así, la/os encargada/os de estas tareas supieron realizar mezclas precisas de las materias primas seleccionadas, en términos de la calidad, tamaño de los granos de los minerales y las proporciones de combinación, para la obtención de los colores deseados. También, implica un conocimiento de las fuentes donde se obtuvieron las materias primas utilizadas. En el caso de la criptomelana, este mineral ha sido identificado en zonas situadas por sobre 4.500 msm (Sepúlveda, Valenzuela et al. 2013). Si bien no podemos establecer si los Chinchorro lo obtuvieron por aprovisionamiento directo o por intercambio, destaca el valor otorgado a este mineral. Su obtención, consecuentemente, denota el funcionamiento de mecanismos y estrategias económicas y sociales, hasta ahora, desconocidas (Arriaza 1995; Sepúlveda, Valenzuela et al. 2013). Estos resultados se condicen también con los pigmentos y mezclas observados en otras ofrendas mortuorias Chinchorro (Sepúlveda et al. 2014).

Desde el punto de vista del ritual funerario se comprueba que los cuerpos momificados no fueron

sepultados o abandonados una vez finalizada la momificación. Por el contrario, este largo y laborioso esfuerzo estuvo destinado para un uso y consumo ritual más prolongado en el tiempo, lo que habría implicado el deterioro de la capa superficial del revestimiento. En el caso estudiado (M.26 y M.27) la capa superficial fue reparada y pintada varias veces. Cada repintado fue realizado sobre capas previas ya secas, por lo que debió transcurrir cierto tiempo entre cada acción de pintado externo. Sin embargo, al ser las capas tan finas, el secado debió ser en realidad relativamente rápido, por lo que no resulta factible estimar cuánto tiempo realmente transcurrió entre cada repintado.

Nuestros resultados cobran sentido con las observaciones macroscópicas previas de Bird (1943) y Bittmann (1982) a partir de las cuales reconocieron claras intenciones de restaurar las momias antes de sepultarlas. Marvin Allison y colaboradores (1984) llegaron inclusive a plantear que los cuerpos momificados habrían sido expuestos sobre angarilladas enterradas en la arena, y dispuestos en forma vertical recogiendo lo sugerido previamente por Mostny (1944). Arriaza (2003) postula que para entender la dinámica social de la momificación artificial Chinchorro, esta debe ser analizada desde la trilogía de los dolientes, los muertos y la concepción del mundo espiritual. Además, plantea que la momificación artificial fue un componente central de los ritos de reintegración tanto de los dolientes al mundo real, como del difunto (transformado en una momia) a la dimensión del mundo espiritual. Así postula que las momias, una vez finalizadas y adornadas, pasaban a pertenecer al mundo de los ancestros y, como tal, debían ser veneradas y cuidadas. De esta forma nuestros análisis contribuyen con antecedentes analíticos a reconocer el cuidado efectivo que las antiguas poblaciones Chinchorro otorgaron a sus difuntos momificados.

Finalmente, en términos metodológicos este trabajo sienta precedentes y un protocolo de estudio para abordar muestras arqueológicas complejas con microestratigrafías, además de permitir comparar los resultados obtenidos en los cuerpos con el análisis de materiales pintados presentes en ofrendas mortuorias Chinchorro (Sepúlveda et al. 2014). Además, demuestra la factibilidad de combinar distintas técnicas no destructivas para precisar e identificar los distintos elementos y compuestos presentes en las muestras de momias Chinchorro.

Agradecimientos: Proyecto realizado en el marco del proyecto ECOS-CONICYT C09-H03: Caracterización físico-químico de los “nanocosméticos” utilizados en las momias de la cultura Chinchorro del extremo norte de Chile. Se agradece el apoyo otorgado por el Convenio de Desempeño Universidad de Tarapacá-MINEDUC y el Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto (CIHDE) CONICYT-REGIONAL/

CIHDE/R07C1001. Adicionalmente, todos los autores quieren dedicar este trabajo a la memoria de Hélène Rousselière, quien contribuyera enormemente al buen desarrollo del proyecto y falleciera sin alcanzar a ver la publicación de este artículo. En última instancia, queremos agradecer a los evaluadores anónimos quienes contribuyeron con sus comentarios a mejorar la versión inicial de este trabajo.

Referencias Citadas

- Allison, M., G. Focacci, B. Arriaza, V. Standen, M. Rivera y J. Lowenstein 1984. Chinchorro, momias de preparación complicada: métodos de momificación. *Chungara* 13:155-173.
- Arriaza, B. 1994. Tipología de las momias Chinchorro y evolución de las prácticas de momificación. *Chungara* 26:11-24.
- Arriaza, B. 1995. Chinchorro bioarchaeology: Chronology and mummy seriation. *Latin American Antiquity* 6:35-55.
- Arriaza, B. 2003. *Cultura Chinchorro. Las Momias más Antiguas del Mundo*. Editorial Universitaria, Santiago.
- Arriaza, B. y V.G. Standen 2002. *Death, Mummies and Ancestral Rites: The Chinchorro Culture*. Universidad de Tarapacá, Arica.
- Arriaza, B. y V.G. Standen 2009. *Catálogo Momias Chinchorro. Cuerpos con Momificación Artificial*. Museo Arqueológico Universidad de Tarapacá, Arica.
- Arriaza, B.T., L. Cornejo, H. Lienqueo, V.G. Standen, C.M. Santoro y J. Acarapi 2006. Caracterización elemental de arcillas utilizadas en la momificación artificial de la Cultura Chinchorro, extremo norte de Chile, mediante espectrometría de fluorescencia de rayos-X de energía dispersiva (EDXRF). *Anales del X Seminario Latinoamericano de Análisis por Técnicas de Rayos X*, editado por L. Cornejo, pp. 1-7. Universidad de Tarapacá-CIHDE, Arica.
- Arriaza, B.T., L. Cornejo, H. Lienqueo, V.G. Standen, C.M. Santoro y J. Acarapi 2008. Caracterización química de las arcillas utilizadas para la momificación artificial en la Cultura Chinchorro, extremo Norte de Chile. *Actas Mummies and Science World Mummies Research, VI World Congress on Mummy Studies*, pp. 515-520. Centro de Artes Gráficas, Islas Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Arriaza, B.T., L. Cornejo, H. Lienqueo, V.G. Standen, C.M. Santoro, N. Guerra, J. Van Hoesen y M. Santos 2012. Caracterización química y mineralógica de los materiales grises de los cuerpos Chinchorro modelado. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 44:177-194.
- Bird, J. 1943. *Excavations in Northern Chile. Serie Anthropological papers of the American Museum of Natural History* 38(4). American Museum of Natural History, New York.
- Bittmann, B. 1982. Revisión del problema Chinchorro. *Chungara* 9:46-79.
- Chalmin, E., M. Menu y C. Vignaud 2003. Analysis of rock art painting and technology of Palaeolithic painters. *Measurement Science and Technology* 14:1590-1597.
- De Viguerie, L., P. Walter, E. Laval, B. Mottin y V.A. Solé 2010. Revealing the sfumato Technique of Leonardo da Vinci by X-Ray Fluorescence Spectroscopy. *Angewandte Chemie International Edition* 49:6125-6128.
- Fahlander, F. y T. Oestigaard 2008. The materiality of death: bodies, burials, beliefs. En *The Materiality of Death: Bodies, Burials, Beliefs*, editado por F. Fahlander y T. Oestigaard, pp. 1-16. Archaeopress; BAR-International Series 1768, Oxford.
- Gutiérrez, S. 2007. *Caracterización Química de las Pátinas Negras utilizadas en la Momificación de las Momias Negras de la Cultura Chinchorro*. Memoria de pregrado para optar al título de Químico Laboratorista, Universidad de Tarapacá, Arica.
- Jia-Sun, S. y R. Cunningham 1991. Some improvements in the study of cross sections. *Journal of the American Institute for Conservation* 30:163-77.
- Mella, U. 2007. *Caracterización Química de las Pátinas Negras Presentes en el Casco y Mascarilla de las Momias Rojas de la Cultura Chinchorro*. Memoria de pregrado para optar al título de Químico Laboratorista, Universidad de Tarapacá, Arica.
- Mendoza, A. 2008. Microanálisis de capas pictóricas en esculturas policromadas. *Nucleus* 44:34-42.
- Mostny, G. 1944. Excavaciones en Arica. *Boletín del Museo Nacional Historia Natural* 22:135-145.
- Plesters, J. 1956. Cross-sections and chemical analysis of paint samples. *Studies in Conservation* 2:110-157.
- Santoro, C.M., M.M. Rivadeneira, C. Latorre, F. Rothhammer y V.G. Standen 2012. Rise and decline of Chinchorro sacred landscapes along the hyperarid coast of the Atacama Desert. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 44:637-653.
- Sepúlveda, M. y E. Laval 2010. Aplicación y aplicabilidad de métodos físico-químicos para el estudio de las pinturas rupestres. Ejemplo de estudio en la localidad del río Salado (II región, norte de Chile). *Actas del XVIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, pp. 825-834. Ediciones Kultrún-SCHA, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Sepúlveda, M., S. Gutiérrez, M. Campos-Vallette, E. Clavijo, P. Walter y J. Cárcamo 2013. Raman spectroscopy and X-ray fluorescence in molecular analysis of yellow blocks from the archeological site Playa Miller 7 (northern Chile). *Journal of the Chilean Chemical Society* 58:1651-1654.

- Sepúlveda, M., H. Rousselière, E. Van Elslande, B. Arriaza, V. Standen, C. Santoro y P. Walter 2014. Study of color pigments associated to Archaic mummies and grave goods in Northern Chile (7.000-3.500 B.P.). *Heritage Science* 7:2-12.
- Sepúlveda, M., D. Valenzuela, L. Cornejo, H. Lienqueo y H. Rousselière 2013. Óxidos de manganeso en el extremo norte de Chile: en torno al abastecimiento, producción y movilidad del color negro durante el período Arcaico. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 45:141-157.
- Standen, V.G. 1997. Temprana complejidad funeraria en la Cultura Chinchorro: norte de Chile. *Latin American Antiquity* 8:134-156.
- Standen, V.G., B. Arriaza, C.M. Santoro y M. Santos 2014. La práctica funeraria en el sitio Maestranza Chinchorro y el poblamiento costero durante el Arcaico Medio en el extremo norte de Chile. *Latin American Antiquity* 25:300-321.
- Tomasini, E., C. Rúa, G. Siracusano y M. Maier 2012. Atacamite as a natural pigment in a south colonial polychrome sculpture from the late XVI century. *Journal of Raman Spectroscopy* 44:637-642.
- Van Hoesen, J. y B. Arriaza 2011. Characterizing the micro-morphology of sediments associated with Chinchorro mummification in Arica, Chile using SEM and EDS. *Archaeometry* 53:986-995.
- Vignaud, C., H. Salomon, E. Chalmin, J.-M. Geneste y M. Menu 2006. Le groupe des "bisons adossés" de Lascaux. Étude de la technique de l'artiste par analyse des pigments. *L'Anthropologie* 110:482-499.
- Wachowiak, M. 2004. Efficient new methods for embedding paint and varnish samples for microscopy. *Journal of the American Institute for Conservation* 43:205-226.

