



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MINERALÓGICA DE LOS MATERIALES GRISES DE LOS CUERPOS CHINCHORRO MODELADOS

CHEMICAL AND MINERAL CHARACTERIZATION OF GRAY SEDIMENTS USED TO MODEL CHINCHORRO BODIES

Bernardo T. Arriaza^{1,2}, Lorena Cornejo^{3,4}, Hugo Lienqueo³, Vivien G. Standen^{2,3},
Calogero M. Santoro^{1,2,3}, Nelson Guerra⁵, John Van Hoesen⁶ y Mariela Santos²

En este trabajo se investiga la composición química y mineralógica de los materiales arcillosos grises utilizados por las poblaciones Chinchorro en la creación de las llamadas Momias Negras (cuerpos modelados). En particular, se analiza y cuantifica si este tipo de material corresponde a arcilla, cuál es su composición mineralógica y cuál es su calidad plástica. Para ello se seleccionaron micro-muestras de material gris de relleno de 13 Momias Negras de Arica (ca. 4.000-2.800 a.C.), las que se analizaron en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas, LIMZA (CIHDE-UTA, Universidad de Tarapacá), utilizando Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva (EDXRF) y en el Laboratorio de Ciencias Geológicas de la Universidad del Norte, Antofagasta, mediante Difracción de Rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido. Además se realizaron pruebas de ceramología experimental en el Laboratorio de Conservación del Museo Arqueológico, Universidad de Tarapacá, Arica. Los resultados obtenidos por la técnica EDXRF indican que el material gris está compuesto principalmente por SiO₂ (68%), Al₂O₃ (13%), Fe₂O₃ (7%) y, en menor proporción, K₂O (4%), CaO (3%), Cl (2%), SO₃ (1%), y TiO₂ (1%). Los análisis obtenidos por DRX demostraron que la composición mineralógica estaba constituida por cuarzo (30%), albita (26%), sanidina (15%) y moscovita (12%), entre otros. Estos resultados, en conjunto con los análisis experimentales ceramológicos y microscópicos, permiten concluir que las poblaciones Chinchorro utilizaban sedimentos naturales que pueden ser considerados como arcillas de buena a mediana calidad plástica para preparar sus Momias Negras y que no le agregaban inclusiones como conchuela o fibras vegetales.

Palabras claves: momias Chinchorro negras, momificación artificial, EDXRF, DRX, arcillas, norte de Chile.

This paper presents the chemical and mineralogical characterization of inorganic gray sediments used by the Chinchorro people to make their black mummies or reconstructed bodies. Thirteen samples taken from an inner layer of the black mummies (ca 4,000-2,800 BC) were studied to determine its mineralogical composition, plastic quality and whether it contained clay. The samples were analyzed at the Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas, LIMZA (CIHDE-Universidad de Tarapacá), using energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) and at the Laboratorio de Ciencias Geológicas de la Universidad del Norte, using X-ray diffraction and scanning electronic microscopy. In addition, experimental ceramic tests were undertaken at the Laboratorio de Conservación del Museo Arqueológico de la Universidad de Tarapacá, Arica. EDXRF result indicates the gray material was composed primarily of SiO₂ (68%), Al₂O₃ (13%), Fe₂O₃ (7%) and to a lesser extent, K₂O (4%), CaO (3%), Cl (2%), SO₃ (1%), and TiO₂ (1%). DRX analysis shows the mineralogical composition is quartz (30%), albite (26%), sanidine (15%) and muscovite (12%) among others. These results, along with the experimental ceramological testing and microscopy analyses, suggest that Chinchorro morticians used natural sediments that can be considered as medium to high quality clays to prepare the black mummies and did not add ground shells or grasses to the mixture.

Key words: Black Chinchorro mummies, artificial mummification, XRF, XRD, clays, north of Chile.

Las poblaciones Chinchorro (ca. 5.000-1.000 a.C.) que se asentaron a lo largo de la costa del norte de Chile y extremo sur de Perú utilizaron diversos tipos de materiales de naturaleza inorgánica

y orgánica para rellenar y modelar los restos esqueléticos de sus difuntos para transformarlos en especies de estatuas o efigies (Arriaza 2003; Santoro et al. 2005; Standen 1997). Entre ellos destaca un

¹ Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. barriazaarica@gmail.com; calogero_santoro@yahoo.com

² Departamento de Antropología, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. vivien.standen@gmail.com; msantos@uta.cl

³ Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto, Arica, Chile. hlienqueo@gmail.com

⁴ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. lorenacornejop@gmail.com

⁵ Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile. nguerra@ucn.cl

⁶ Department of Environmental Studies, Green Mountain College, Vermont, USA. vanhoesenj@greenmtn.edu

material gris claro o blanquecino de tipo arcilloso empleado para el relleno y modelado interno de los cuerpos de las llamadas Momias Negras o cuerpos modelados (Figuras 1-4), cuyas evidencias se ubican cronológicamente entre 5.000 a 2.800 a.C., de acuerdo a una base de ocho fechas radiocarbónicas de un total de 23 Momias Negras y/o Complejas (Arriaza 2003; Arriaza et al. 2005). Los estudios sobre los procedimientos de preparación y las implicaciones antropológicas de su uso han asumido que el material gris claro corresponde a algún tipo de arcilla o cenizas (Allison et al. 1984; Arriaza 2003; Santoro et al. 2005; Standen 1997). Estudios más recientes señalan que este material estaba compuesto en un 75% de óxido de silicio (SiO_2) más inclusiones de hierro y potasio (Arriaza et al. 2008). Los estudios de micromorfología de sedimentos grises, provenientes de tres Momias Negras de Arica, revelan la presencia de granos de cuarzo, cristales euhedrales de sales y minerales arcillosos (Van Hoesen y Arriaza 2011). El uso de pigmentos, minerales y arcillas ha sido ampliamente documentado en las poblaciones tardías (Jackson 2004; Romero 2002; Santoro et al. 2001; Uribe 1999) pero la utilización de arcillas no ha sido explorada en la temática Chinchorro. Consecuentemente, este trabajo se aboca a caracterizar química y mineralógicamente este material arcilloso gris con el objeto de conocer sus componentes químico-mineralógicos y sus condiciones plásticas para el relleno y modelado de los cuerpos. Aclaramos que el abastecimiento y posibles lugares de extracción de las materias primas para la preparación de estos cuerpos serán objeto de futuros estudios. Aunque existen otros tipos de técnicas de momificación como las Momias Rojas y con Vendajes, solo las Momias Negras contienen esta materia prima arcillosa gris que cubría huesos, maderos y amarras (Arriaza 2003; Arriaza y Standen 2008). Según Arriaza (2003) y Arriaza y Standen (2008) la momificación Chinchorro se originó en el área de Camarones 5.000 a.C. pero es en Arica donde la elaboración de las Momias Negras alcanza su mayor complejidad de acuerdo a las evidencias encontradas en los sitios Mina Macarena, Maderas Enco, Maestranza Chinchorro, Chinchorro, Morro 1 y Playa Miller 8 (Figura 1), fechados entre el 4.000-2.800 a.C., lo que muestra una ideología y tecnología comunes en la selección y uso de materias primas. La momificación artificial, posiblemente, formaba parte de la esfera ideológica de estos grupos de organización social igualitaria, cuyas pautas culturales

se estructuraban y reproducían de manera menos formal que en sociedades con estructuras organizacionales complejas o estratificadas. Sería entonces normal encontrar variaciones en las técnicas de momificación y las materias primas utilizadas para la momificación de los cuerpos.

En su estado actual de conservación el material arcilloso gris de las momias en estudio aparece agrietado y resquebrajado por efecto de la pérdida de humedad. Además se debe considerar la diferencia de fuerzas de tracción o contracción que producen los diferentes materiales que componen los cuerpos porque las arcillas no fueron sometidas a cocción. A esto se agregan el cambio de las condiciones medioambientales al momento de la excavación y las vibraciones mecánicas durante el transporte al Museo Arqueológico en San Miguel de Azapa (Arriaza 2003; Santos 2002). Sin embargo, estas particularidades han permitido investigar la complejidad del tratamiento mortuario. Como se ilustra en la Figura 4, una sección transversal de una extremidad modelada puede graficarse en seis anillos concéntricos o capas circulares de elementos bien estructurados y recurrentes: (1) núcleo central compuesto por los huesos largos del propio individuo y maderos de refuerzo, (2) capa compuesta por amarras de fibra vegetal, (3) capa gruesa de material gris arcilloso de 2-4 cm dependiendo del área anatómica, cuya estructura volumétrica da forma al cuerpo de la momia, (4) capa de piel posiblemente humana, (5) película milimétrica de pintura negra, principalmente compuesta de óxido de manganeso (MnO_2) y (6) cobertura externa a modo de mortaja de pieles de animales y esteras vegetales (Allison et al. 1984; Arriaza 2003; Arriaza y Standen 2008).

De las materias primas utilizadas para preparar el cuerpo se estudió el material gris-blanquecino de la capa 3 (Figuras 2 y 4) para tratar de responder a las siguientes interrogantes: ¿usaban arcilla para preparar y modelar los cuerpos?, ¿cuál era la calidad plástica y propiedades de la materia prima empleada?, ¿cuál era la composición química del material arcilloso gris empleado?, ¿qué otros componentes se pueden identificar que se agregaron a las materias primas para preparar las sustancias de relleno y modelado? y los materiales arcillosos para el tratamiento de los cuerpos ¿eran escogidos o eran recolectados en forma aleatoria? Esperamos con ello aportar tanto al conocimiento básico de las materias primas utilizadas por las poblaciones Chinchorro como a la conservación museográfica de estos cuerpos milenarios.

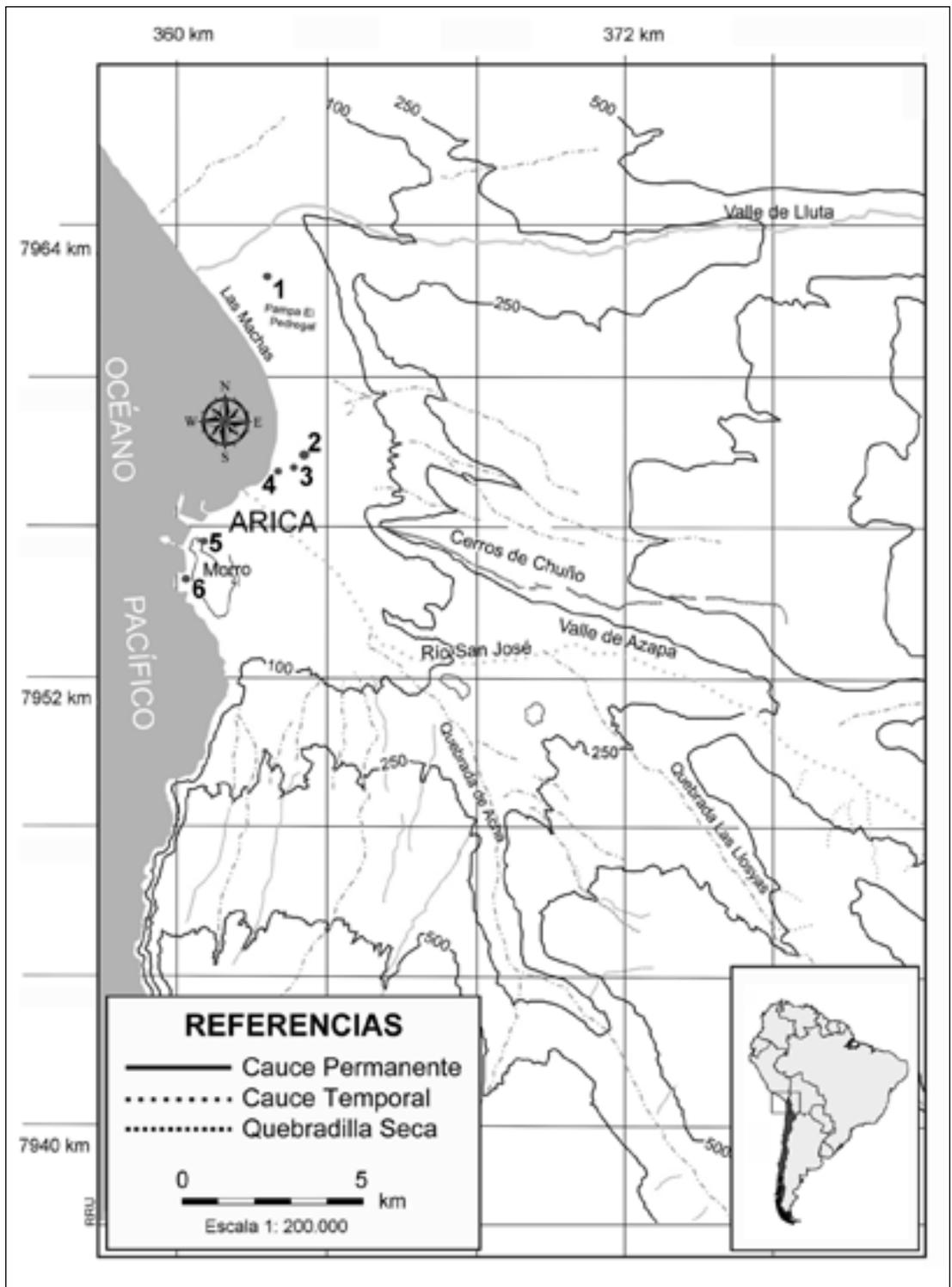


Figura 1. Mapa de Arica indicando los sitios y momias estudiadas: (1) Mina Macarena; (2) Maderas Enco; (3) Maestranza Chinchorro; (4) Chinchorro 1; (5) Morro 1; (6) Playa Miller 8.

Map indicating the location of Arica burial sites and mummies under study: (1) Mina Macarena; (2) Maderas Enco; (3) Maestranza Chinchorro; (4) Chinchorro; (5) Morro 1; (6) Playa Miller 8.



Figura 2. Momia Negra: (a) Capa 3, material de relleno gris interno. (b) Capas 4 y 5, piel pintada con una delgada película negra. *Black mummy: (a) Layer 3, inner gray filling. (b) Layers 4 and 5, external skin painted with a thin black coating.*

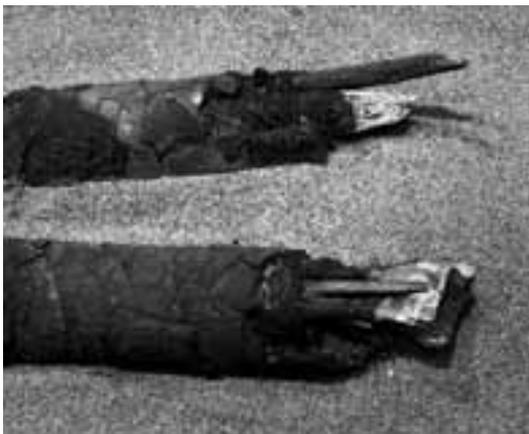


Figura 3. Detalle de modelado de las piernas mostrando diferentes capas (MITIC3). *Details of the modeled legs showing different layers (MITIC3).*

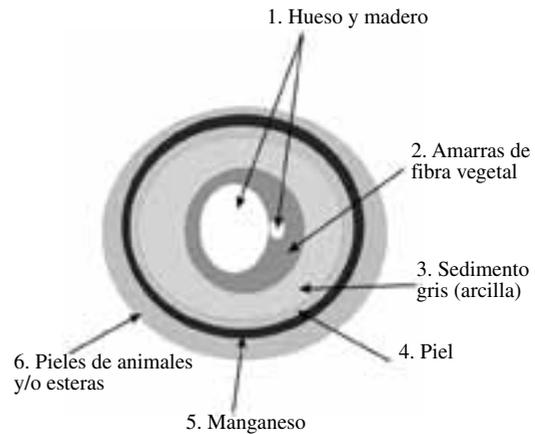


Figura 4. Esquema de las capas concéntricas de una extremidad (ej. pierna) de cuerpo momificado, que muestra los diversos materiales empleados en la momificación, incluyendo el sedimento arcilloso gris (Capa 3).

Diagram illustrating concentric layers of an extremity (e.g. leg) showing the various types of materials used in the mummification, including the gray sediment (layer 3).

Materiales y Métodos

Sedimentos arqueológicos

Se tomaron muestras de uno a cinco gramos de 13 Momias Negras depositadas y conservadas en el Museo Arqueológico de la Universidad de Tarapacá en San Miguel de Azapa. Las muestras se recolectaron con pinzas, las cuales fueron limpiadas con alcohol antes de tomar la siguiente muestra. Se utilizaron principalmente pequeños fragmentos de sedimentos grises, sueltos y asociados al tronco y extremidades, aprovechando la fragmentación natural de los cuerpos, y se depositaron en bolsas ziplock de polietileno para sus análisis posteriores (Tabla 1).

Metodología

Cada muestra del material arcilloso de la Capa 3 fue sometida a análisis cuali-cuantitativo a través de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva (EDXRF), análisis cuantitativo de Difracción de Rayos X (DRX), análisis cuali-cuantitativo de Microscopía Electrónica de Barrido con Energía Dispersiva de Rayos X (SEM/EDX) y análisis ceramológico práctico y experimental (CE) (Tabla 1). Los análisis de EDXRF se realizaron en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales

Tabla 1. Muestras analizadas (N=13): material gris de modelado interno de las momias negras.
Sample analyzed (N = 13): gray material coming from the internal modeling of the black mummies.

Sitio y número de tumba	Descripción y procedencia de la muestra de material gris (Capa 3)	Tipo de momificación	Tipos de análisis realizados		
Maderas Enco C1	Fragmento gris suelto del tronco (para CE fragmento de la extremidad superior)	Negra con franjas rojas	EDXRF	DRX	CE
Maderas Enco C2	Fragmento gris tomado del brazo derecho (Para CE fragmento tronco lado derecho)	Negra	EDXRF	DRX	CE
Maderas Enco C3	Fragmento gris suelto del tronco	Negra	EDXRF	-	CE
Maestranza Chinchorro C2	Fragmento gris tomado del relleno del cráneo	Negra	EDXRF	DRX	-
Maestranza Chinchorro C4	Fragmento gris suelto del cuello	Negra	EDXRF	DRX	CE
Chinchorro 1 C1	Fragmento gris suelto del tronco	Negra	EDXRF	-	CE
Chinchorro 1 C2	Fragmento gris suelto, tronco?	Negra	EDXRF	-	-
Morro 1 T3	Fragmento gris tomado del cuello	Negra	EDXRF	-	-
Morro 1 T1C6	Fragmentos gris suelto del tronco (para CE fragmentos posible extremidad superior)	Negra	EDXRF	DRX	CE
Morro 1 T1C7	Fragmento gris tomado del tronco	Negra	EDXRF	DRX	CE
Registro 6	Fragmento gris tomado del occipital	Negra	EDXRF	-	-
PLM8 Cr01	Fragmento gris suelto del cráneo	Negra	EDXRF	DRX	CE
Camarones 17 T1C3	Fragmento gris suelto del tronco	Negra	EDXRF	-	CE

Nota: C = Cuerpo, T = Tumba, Cr = Cráneo, EDXRF = Fluorescencia de Rayos X de Energía Dispersiva, DRX = Difracción de Rayos X, CE = Ceramología Experimental.

Los análisis de DRX incluyen también un caso de mina Macarena y los de ceramología experimental (CE), los casos de PLM8 Cr001 (fragmento facial), PLM8 Cr2 (posible fragmento cuello) y Maestranza Chinchorro C3 (fragmento cuerpo costado derecho superior) (Tablas 2, 3 y 4).

de Zonas Áridas, LIMZA (CIHDE-UTA) y los de DRX y SEM/EDX en el Laboratorio de Ciencias Geológicas de la Universidad Católica del Norte. Por último, los análisis de ceramología se realizaron en el Laboratorio de Cerámica del Museo Arqueológico de la Universidad de Tarapacá por la ceramista Mariela Santos (M.S.) con más de 20 años en la especialidad.

Para los análisis de EDXRF, las muestras se limpiaron superficialmente de forma mecánica, para remover impurezas, principalmente de piel, una vez realizado este procedimiento, se pulverizó cada muestra en un mortero de ágata para asegurar un tamaño de partícula menor a 60 μm . Antes de continuar con la siguiente muestra, el mortero se limpió con agua desionizada, luego las muestras fueron secadas en estufa Binder de tiro forzado a 40 °C por 12 horas aproximadamente. Finalmente, se determinó la composición elemental inorgánica empleando un espectrómetro marca Shimadzu, modelo EDX-900HS. Las condiciones de medición

utilizadas fueron las siguientes: atmósfera: aire; colimador: 5 mm; filtros: Ni, Al, Zr, Ti y Mo; tiempo: 100 s; voltaje: 50 KV y corriente: 30 μA . Las mediciones fueron realizadas utilizando una microcelda (Micro X-Cell N° 3577, SPEX, USA) cubierta con un Myler® (N° 3518, grosor 6 μm , diámetro de 2½ pulgadas, SPEX, USA). El EDXRF realiza un barrido exploratorio de la muestra identificando en forma simultánea los elementos químicos que componen la muestra. Además obtiene los contenidos aproximados de los elementos identificados mediante un cálculo teórico por medio de un algoritmo matemático basado en las intensidades de emisión de radiación X secundaria obtenida a partir de la muestra.

Cabe destacar que, previamente al análisis, el equipo fue encendido media hora antes para estabilizarlo. El instrumento se calibró con un estándar de aluminio (A750) y, además, se procedió a realizar un barrido al vacío para generar una línea base en blanco. Una vez terminada la lectura de la muestra,

el software del instrumento de rayos X (DXP-700E Versión 1.00 Rel. 013, Shimadzu Corp.) entrega los resultados en forma de espectrograma junto con la concentración porcentual de cada elemento presente en la muestra. Dicha información se almacenó en formato de archivo PDF para evitar manipulaciones posteriores.

Para el análisis mediante DRX las muestras fueron previamente secadas a 30 °C y pulverizadas a 63 μm . En el análisis se utilizó aproximadamente un gramo de muestra, la que se colocó en el portamuestra, y las mediciones se realizaron en el Difractómetro de Rayos X marca Siemens, modelo D5000 automático y computarizado. Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Goniómetro: Vertical Bragg-Brentano; radiación: $\text{Cu K}\alpha_1$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$); voltaje: 40 KV; intensidad: 30 mA; detector: centelleo; monocromador secundario: grafito; slits: 1 mm/1 mm/0,1 mm; scan range: 3-70° 2 θ ; step size: 0,020° 2 θ ; step time: 1.0 s; data base: ICDD (International Centre for Diffraction Data).

Como complemento a este estudio, otro set de estas mismas muestras fue sometido a un análisis de microscopía electrónica (SEM/EDX) utilizando un microscopio JEOL (JSM 6360LV) para estudiar su morfología y tamaño.



Figura 5. Grado de agrietamiento de las muestras actuales previo al torcido. Estas arcillas actuales demuestran cómo empíricamente se aprecia la plasticidad. De izquierda a derecha procedencia: valle de Azapa Km.3, zona Central de Chile y Altiplano de Arica y Parinacota.

Cracking potential within modern clay samples before twisting. Experimental test to demonstrate clay plasticity. Samples from left to right: Azapa valley Km 3, Central Chile, Arica and Parinacota highlands.

En relación a los análisis ceramológicos, las muestras fueron microscópicamente inspeccionadas con un microscopio estereoscópico Olympus SZ-61 con lente de 10x-H/22 (rango de aumento a 10-45 veces), considerándose los siguientes parámetros en su descripción: composición granulométrica, forma y tamaño de las partículas, inclusiones y densidad, cavidades, fractura y color. Tanto los tipos de inclusiones como sus características principales fueron evaluados visualmente en base a la coloración y experiencia ceramológica de la analista (M.S.). Los tamaños de las partículas fueron cuantificados en base a la escala de estandarización de granos de arena definidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos: pequeño < 0,25 mm; mediano de 0,25 a 0,5 mm; grande de 0,5 a 1,00 mm. La densidad se midió según el gráfico de estimación de porcentaje de inclusiones Mathew et al. (1991). Queda pendiente, sin embargo, la medición de la granulometría fina para diferenciar los porcentajes de limos versus arcillas. Posteriormente, para establecer de forma experimental si las materias primas grises eran arcillas, se hidrataron aproximadamente cinco gramos de muestra por caso y se aplicó un test simple para determinar su plasticidad, porosidad, absorción, cocción y color resultante. Este test consistió en que cada muestra fue amasada, torcida y cocida (Figuras 5 y 6). Se utilizaron valores de +P, -P y $\pm P$ para cuantificar el grado de agrietamiento de las muestras como una señal de plasticidad, a mayor agrietamiento menor plasticidad. Posteriormente, todas las muestras se sometieron a cocción en horno oxidante de 975 °C con medición de cono pirométrico graduado de 07 para verificar si se comportaban como arcillas. Normalmente materiales arcillosos, al ser sometidos a altas temperaturas, mantienen su forma pero cambian su composición química y alcanzan su madurez vitrificándose (Figura 6). En contraste, materiales no arcillosos no se compactan y se desintegran (Figura 7).

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SPSS (v. 19) para ordenador personal, testeando la hipótesis nula de que no existirían variaciones significativas entre las muestras. Se realizaron estadísticas descriptivas, correlaciones, análisis de *cluster* y componentes principales con una convergencia en las tres iteraciones y Método de Rotación Normalización Varimax con Kaiser, previa transformación raíz cuadrada de los datos debido a órdenes de magnitud dispares en guarismos.



Figura 6. Muestra de arcilla cocida que mantiene su forma.
Clay rich sample that retains its shape after baking.

Resultados

EDXRF. La Tabla 2 presenta los valores en porcentajes de los elementos inorgánicos y de los oligoelementos (en ppm) encontrados en cada una de las muestras arqueológicas analizadas mediante EDXRF. De estos resultados, se deduce que las muestras grises presentan en promedio 67,53% de óxido de silicio (SiO_2), 13,15% de óxido de aluminio (Al_2O_3) y un 7,02% de óxido de hierro (Fe_2O_3). En menor proporción se encontraron K_2O (4,43%), CaO (2,75%), Cl (2,15%), SO_3 (1,46%) y TiO_2 (0,71%). Otros elementos identificados, comunes en todas las muestras, incluyen óxidos de Mn, Ba, As, Zr, Zn y Rb y suman un 0,70% (Figura 8).

DRX. Estos análisis revelan que en promedio los componentes mineralógicos principales de ocho muestras grises son: cuarzo [SiO_2] (29,75%), albita [$\text{NaSi}_3\text{AlO}_8$] (26,24%), sanidina [$\text{Na}_{0,56}\text{K}_{3,44}\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}$] (14,93%) y moscovita [$\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$] (12,26%). Además, se observa en menores porcentajes la presencia de arcillas como esmectitas (beidellita y montmorillonita), zeolitas

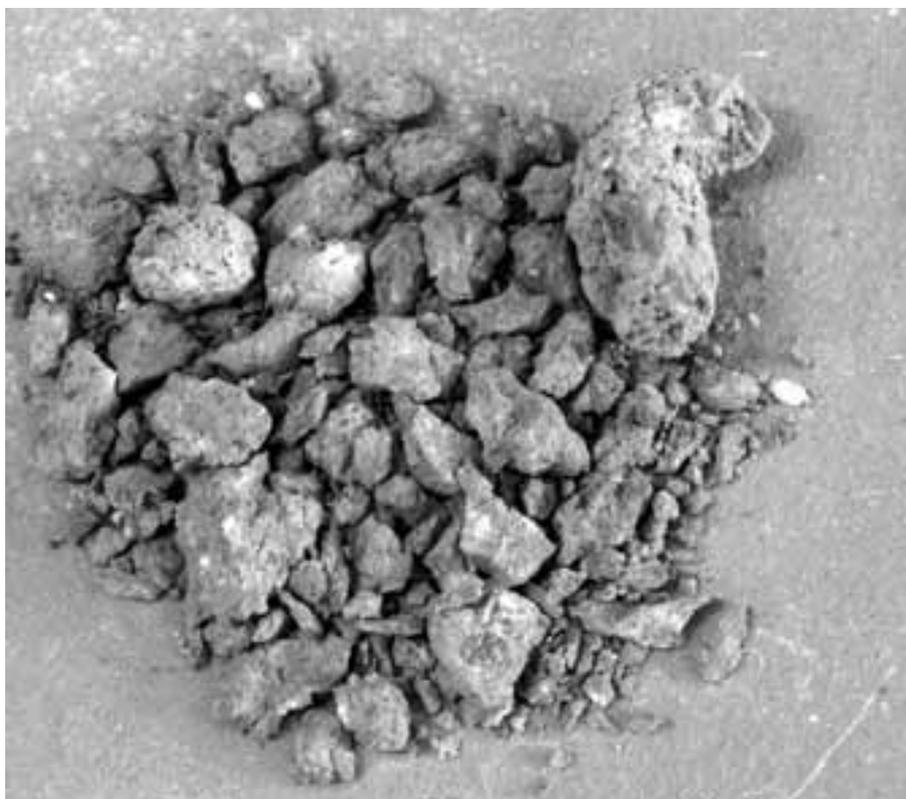


Figura 7. Muestra cocida y desintegrada debido a la escasa arcilla presente en la muestra. Caso: Playa Miller 8 Cr2. Segmento del cuello.

Crumbled baked sample caused by low clay content. Case: Playa Miller 8 Cr2, neck area.

Tabla 2. Elementos químicos presentes en la Capa 3 (N = 13) utilizando la técnica EDXRF.
Chemical elements found in layer 3 (N= 13) using EDXRF.

		% Elementos mayoritarios													Totales promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variabilidad
Elementos		Maderas Enco C1	Maderas Enco C2	Maderas Enco C3	Maestranza Chinchorro C2	Maestranza Chinchorro C4	Chinchorro 1 C1	Chinchorro 1 C2	Morro 1 T3	Morro 1 T1 C6	Registro TIC7	PLM8 Cr 01	Cam 17 TIC3				
	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	
SiO ₂	63,05	68,91	71,20	73,33	65,00	62,77	63,69	70,59	63,96	68,24	65,27	72,00	67,53	3,72	5,51		
Al ₂ O ₃	22,74	17,93	10,90	10,58	22,24	12,67	6,26	8,86	7,56	4,96	17,14	11,17	13,15	5,89	44,78		
Cl	<0,01	<0,01	<0,01	1,29	1,64	5,24	9,01	2,26	5,64	2,78	<0,01	<0,01	2,15	2,85	132,84		
CaO	1,91	1,60	2,20	1,93	1,41	2,73	3,54	3,39	3,46	4,71	3,72	3,54	2,75	1,05	38,09		
K ₂ O	3,54	3,45	4,62	4,92	4,06	4,82	5,68	4,37	4,22	5,78	4,08	4,36	4,43	0,73	16,43		
Fe ₂ O ₃	7,51	6,98	7,80	4,58	3,21	8,46	8,71	7,57	9,44	9,76	6,62	6,06	7,02	1,97	28,12		
SO ₃	<0,01	0,01	1,80	2,06	1,20	1,89	1,34	1,68	1,6	2,24	2,05	1,74	1,46	0,71	48,55		
TiO ₂	0,32	0,32	0,74	0,94	0,68	0,72	0,74	0,91	0,85	0,96	0,69	0,63	0,71	0,20	28,60		
		Contenido en ppm de los oligoelementos															
Mn	2,168	2,091	3,253	1,549	2,323	3,098	3,950	1,549	17,658	3,098	1,549	1,084	3,383,85	4,392,76	129,82		
Zn	321	161	161	161	161	241	241	241	482	241	161	161	222,62	93,49	42,00		
As	76	76	454	151	227	227	227	151	379	151	606	227	232,92	159,05	68,28		
Ba	269	3,583	90	90	896	90	2,777	90	1,523	90	90	1,791	882,23	1,186,40	134,48		
Sr	423	169	254	254	254	507	85	254	507	254	338	169	286,31	126,85	44,30		
Rb	274	91	183	91	183	183	183	183	183	183	91	183	161,69	54,95	33,98		
Zr	296	74	148	148	74	74	148	148	222	148	148	74	142,31	63,81	44,84		
Br	100	100	100	100	100	100	100	100	200	100	100	200	115,38	37,55	32,55		
Cu	80	80	80	80	80	639	80	80	80	80	80	80	123,00	155,04	126,05		
V	56	56	56	168	56	56	56	56	56	56	56	56	73,23	42,06	57,43		

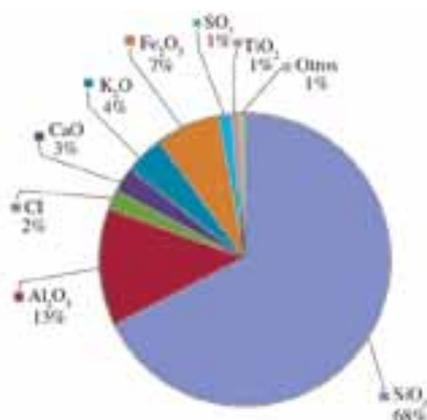


Figura 8. Promedio de los elementos químicos analizados en la Capa 3 (N = 13) utilizando la técnica EDXRF y presentados en la Tabla 2.

Average percent of chemical elements found in layer 3 (N = 13) using EDXRF and presented in Table 2.

(mordenita y heulandita) y caolinita (Tabla 3 y Figura 9).

CE. De 12 muestras arqueológicas analizadas el 66,6% presenta buena plasticidad, el 16,7% es medianamente plástica y un 16,7% resultó ser aplástica (Tabla 4 y Figura 10). La revisión macroscópica de este material permite apreciar que todas las muestras fueron amasadas en estado húmedo antes de modelar y/o rellenar el cuerpo, posteriormente quedando aglutinadas y no dispersas en el relleno del cuerpo. Esto se confirma con los bolsones de aire o estrías alargadas cuando se realiza la revisión

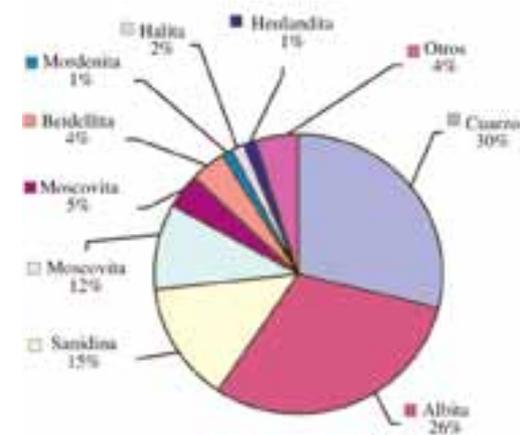


Figura 9. Promedio de los principales minerales encontrados en la Capa 3 (N = 8) mediante la técnica DRX y presentados en la Tabla 3.

Average of the principle minerals found in layer 3 (N = 8) using DRX and presented in Table 3.

microscópica en la estructura arcillosa de las muestras. Además se observan inclusiones mínimas de pelo y fibra vegetal. En general, las muestras analizadas son suaves al tacto y presentan mínimos materiales aplásticos y al ser sometidas a cocción experimental, que intenta verificar la calidad de las pastas, llegaron a un adecuado punto de madurez en su cocción, confirmando que estos materiales son los apropiados para el trabajo de modelado y se clasifican como pastas de baja temperatura.

Como se observa en la Tabla 2 el coeficiente de variabilidad (Desviación estándar/media*100) presenta una variabilidad aceptable entre los elementos mayoritarios. Lo mismo ocurre para los oligoelementos cuando se reportan en forma de porcentajes (no mostrada en la tabla por estar en ppm) o en ppm propiamente tal, donde el Mn muestra el coeficiente más alto, seguramente como resultado de la contaminación de una muestra gris (MIT1C7) con la capa de manganeso, ya que el valor del Mn cae fuera de la norma (Tabla 2). Desde un punto de vista estadístico multivariado, los datos recolectados son precarios en términos de repeticiones (n). Exactamente cada observación tiene una sola entrada o caso, lo cual hace difícil su manipulación estadística multivariada y el trabajo con software. Por ejemplo, no se pudo trabajar con los datos de Minerales (Tabla 3), porque además de no tener repeticiones por sector hay que sumar la cantidad de ceros (ausencia de un determinado mineral), distorsionando los resultados, la obtención de estadígrafos y las interpretaciones, haciendo no recomendable estadísticamente manipular los datos. Dadas estas condiciones, los análisis multivariados realizados (*cluster* y componentes principales)

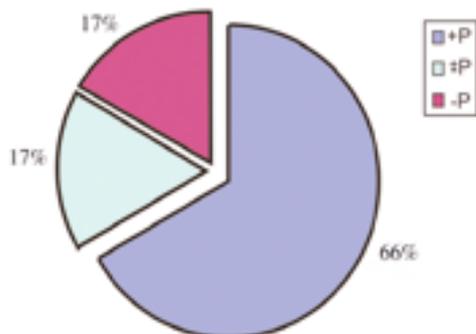


Figura 10. Plasticidad material Capa 3 (N = 12, +P = plástica, ±P = medianamente plástica, -P = aplástica). *Plasticity of gray clay associated with layer 3 (N = 12, +P = plastic, ±P = average plastic, -P = non plastic).*

Tabla 4. Caracterización visual y macroscópica del material de la Capa 3 (N = 12).
Visual and macroscopic characteristics of layer 3 (N = 12).

Muestra	Aspecto general	Inclusiones					Cavidades	Fractura	Color Munsell	Plasticidad	Tipo de sedimento	Propiedades post cocción	
		Tipos	Tipo principal	Tamaño	Forma principal	Densidad %						Porosidad %	Color cocción
PLM8 Cr01	No compacta	Cuarzo blanco, óxido de Fe, mica	Cuarzo blanco	Mediano	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, grandes	Quebradiza	HUE 10YR 6/2	+P	Arcilla	33,33	HUE 5YR 6/6
PLM8 Cr001	No compacta	Cuarzo blanco, óxido de Fe, mica	Cuarzo blanco	Mediano	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, medianas	Resistente	HUE 10YR 6/3	+P	Arcilla	37,5	HUE 5YR 6/6
PLM8 Cr2	No compacta	Cuarzo ámbar, mica y piedra negra brillante?	Cuarzo amarillo	Grande	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, finas	Resistente	HUE 10YR 6/3	-P	No Arcilla	25,0	HUE 5YR 5/4
MITIC6	Compacta	Cuarzo blanco, ámbar, mica, óxido de Fe	Cuarzo blanco	Pequeño	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, finas	Resistente	HUE 10YR 5/3	+P	Arcilla?	57,14	HUE 5YR 6/8
MITIC7	Compacta	Cuarzo blanco, mica óxido de Fe	Cuarzo blanco	Pequeño	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, medianas	Resistente	10YR 6/3	±P	Arcilla? Al parecer es la misma que la anterior	42,85	HUE 5YR 6/6
Maderas Enco C1	Compacta	Cuarzo blanco, óxido de Fe, mica	Cuarzo blanco	Mediano	Angular	10	Poco densas pseudomorfas, medianas	Resistente	HUE 10YR 7/3	+P	Arcilla	40,0	HUE 5YR 6/8
Maderas Enco C3	Compacta	Cuarzo ámbar, óxido de Fe, mica	Cuarzo ámbar	Mediano	Angular	-5	Poco densas pseudomorfas, pequeñas	Resistente	HUE 10YR 6/2	+P	Arcilla muy fina	50,0	HUE 5YR 5/6
Maderas Enco C2	Esponjosa compacta	Cuarzo ámbar, mica, óxido de Fe	Cuarzo ámbar	Mediano a pequeño	Angular	-5	Poco densas pseudomorfas, mediana	Resistente	HUE 10YR 8/2	+P	Arcilla muy fina	30,0	HUE 5YR 6/6
Maestranza Chinchorro C3	Esponjosa compacta	Cuarzo blanco, mica, óxido de Fe	Cuarzo blanco	Mediano a pequeño	Angular	5	Poco densas pseudomorfas, mediana	Resistente	HUE 10YR 5/3	±P	Arcilla	33,33	HUE 5YR 5/6
Maestranza Chinchorro C4	Esponjosa compacta	Cuarzo blanco, mica, óxido de Fe	Cuarzo blanco	Mediano a pequeño	Angular	20	Poco densas pseudomorfas, mediana	Quebradiza	HUE 10YR 7/2	+P	Arcilla	22,22	HUE 5YR 7/8
Cam17 TIC3	Esponjosa compacta	Cuarzo blanco, mica, óxido de Fe	Óxido de Fe	Pequeño	Angular	-5	Poco densas pseudomorfas, pequeñas	Quebradiza	HUE 10YR 6/3	-P	Arcilla	0,0	HUE 5YR 6/8
Chinchorro 1 C1	Compacta	Óxido de Fe, mica cuarzo blanco	Óxido de Fe	Pequeño	Angular	-5	No están presente	Quebradiza	HUE 10YR 6/3	+P	Arcilla	0,0	HUE 5YR 6/8

(+P = plástica; -P = aplástica; ±P = medianamente plástica).

carecen de fortaleza estadística y aunque contribuyen parcialmente a explorar la variación entre las muestras hay que considerarlos como datos preliminares. En relación a los macroelementos, la matriz de correlaciones entre las muestras (con datos transformados) presenta valores altos para las correlaciones biunívocas, siendo el r mínimo igual a 0,8 (Tablas 2 y 5). Esto se interpreta como una elevada coherencia entre sitios, indicando que las muestras son similares para estos macroelementos. Esto se ve confirmado por la varianza total explicada (95,85%) que permite la construcción de un solo componente principal y dados estos resultados no es posible graficar un diagrama de ploteo. Para los microelementos, todas las correlaciones biunívocas también son positivas, pero los valores de r presentan mayor variación en la matriz y algunas correlaciones son menores que en el caso de los macroelementos (Tabla 6). Esto resulta en un diagrama de ploteo con dos componentes principales, ya que la varianza explicada se estabiliza en el 95,07% con dos componentes (Figura 11). Se observa un gradiente o un *continuum* entre los sitios muestreados que se agrupan en un mismo hemisferio y en cuadrantes contiguos.

Discusión

Los análisis de EDXRF indican que las muestras arqueológicas del material gris-blanquecino

(Capa 3), utilizado en el relleno y modelado de las Momias Negras, están compuestas principalmente de un 67,53% de óxido de silicio (SiO_2) con algunas inclusiones de óxido de aluminio, hierro y potasio, entre otros (Tabla 2). Los análisis mineralógicos (DRX) muestran la presencia de esmectitas, zeolitas y caolinita en un par de casos (Tabla 3 y Figura 9) y la microscopía electrónica de barrido la presencia de estructuras laminares típicas de las arcillas (Figura 12). Y es importante destacar que el 66% de las muestras presenta gran plasticidad (Tabla 4, Figura 10). Todos estos datos indican, que en promedio, las muestras pueden ser consideradas como constituidas de arcillas de mediana a buena calidad y por lo tanto eran buenas materias primas y plásticas para modelar los cuerpos. Por ejemplo, el caso M1T1C6 estaba compuesto de: cuarzo [SiO_2] (30,32%), albita [$\text{NaSi}_3\text{AlO}_8$] (27,06%), sanidina ($\text{Na}_{0,56}\text{K}_{3,44}\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}$) (14,59%), moscovita [$\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$] (11,07%), beidellita [$\text{Na}_{0,3}\text{Al}_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] (10,1%), mordeinita [$\text{Ca}_{0,40}\text{Al}_{0,98}\text{Si}_{5,03}\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_3$] (5,19%), clorita [$(\text{Mg},\text{Fe})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$] (1,54%) y actinolita [$\text{Na}_{0,08}\text{Ca}_{1,76}\text{Mn}_{0,16}\text{Mg}_{1,88}\text{Fe}_{2,72}\text{Fe}_{0,32}\text{Al}_{0,32}\text{Si}_{7,68}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$] (0,13%). La plasticidad se debe a la presencia de agua en el material que contiene sustancias o propiedades de arcilla y es importante mencionar que otros factores que permiten esta capacidad es la estructura laminar del cristal y el tamaño diminuto de las arcillas (0,5-2,0 μm). Las

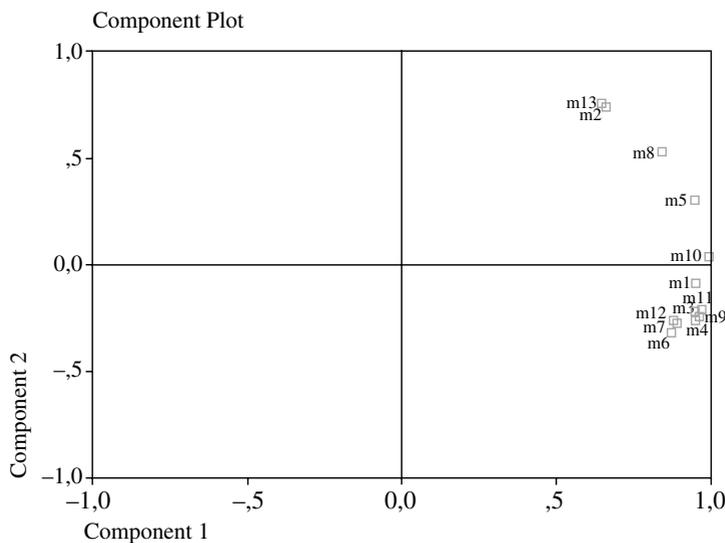


Figura 11. Agrupación de las muestras de acuerdo a los oligoelementos (datos presentados en Tabla 2).
Custer of the samples according to oligoelements (Data presented in Table 2).

Tabla 5. Matriz de correlación basada en los elementos químicos de las muestras presentadas en Tabla 2.
Correlation matrix between the chemical elements of the samples presented in Table 2.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1	1												
M2	0,996	1											
M3	0,961	0,978	1										
M4	0,942	0,965	0,984	1									
M5	0,970	0,973	0,949	0,969	1								
M6	0,980	0,988	0,986	0,979	0,983	1							
M7	0,940	0,958	0,956	0,979	0,962	0,952	1						
M8	0,854	0,888	0,901	0,942	0,887	0,873	0,974	1					
M9	0,936	0,961	0,980	0,992	0,948	0,962	0,987	0,966	1				
M10	0,901	0,929	0,944	0,968	0,919	0,919	0,989	0,992	0,989	1			
M11	0,886	0,921	0,960	0,968	0,890	0,918	0,964	0,971	0,988	0,985	1		
M12	0,979	0,986	0,989	0,970	0,966	0,995	0,942	0,864	0,960	0,915	0,923	1	
M13	0,959	0,976	0,997	0,985	0,952	0,987	0,953	0,900	0,980	0,941	0,959	0,992	1

Tabla 6. Matriz de correlaciones entre las muestras considerando los oligoelementos presentados en la Tabla 2.
Correlation matrix of the oligoelements presented in Table 2.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
M1	1												
M2	0,571	1											
M3	0,900	0,446	1										
M4	0,922	0,445	0,962	1									
M5	0,868	0,847	0,847	0,821	1								
M6	0,907	0,380	0,851	0,956	0,723	1							
M7	0,853	0,393	0,908	0,899	0,772	0,825	1						
M8	0,752	0,944	0,694	0,670	0,955	0,563	0,601	1					
M9	0,965	0,444	0,970	0,964	0,835	0,908	0,914	0,678	1				
M10	0,938	0,682	0,946	0,945	0,952	0,858	0,876	0,864	0,943	1			
M11	0,957	0,476	0,978	0,978	0,854	0,910	0,923	0,710	0,994	0,964	1		
M12	0,798	0,361	0,955	0,894	0,770	0,777	0,842	0,596	0,896	0,855	0,890	1	
M13	0,537	0,981	0,456	0,412	0,848	0,313	0,366	0,934	0,434	0,665	0,460	0,395	1

propiedades plásticas de las arcillas representan un papel importante en el modelado. Por otra parte, la porosidad está íntimamente ligada con el tamaño y la distancia de las partículas en la composición de la arcilla y nos puede decir si son aptas para ser cocidas y usadas en la función de contener. A mayor pureza de la arcilla y mayor cantidad de caolines menor es el rango de porosidad de la pasta. De acuerdo a los análisis químicos y mineralógicos y especialmente en base a los resultados experimentales de los sedimentos grises-blanquecinos analizados, podemos concluir que estas materias primas, al menos en el 66% de los casos, pueden ser consideradas como arcillas finas de características similares, posibles de aglutinar y modelar para incorporarse al cuerpo momificado. Estas fueron seleccionadas por sus propiedades plásticas y no

usadas al azar. Los análisis estadísticos confirman cierta similitud química entre las muestras tanto para los elementos mayores como para los oligoelementos y a pesar que se observa una cierta dispersión entre las muestras estas no serían muy disímiles entre sí, ya que se encuentran en una sola vecindad (Tablas 5 y 6 y Figura 11).

Debemos recordar que el término arcilla tiene diferentes significados, de acuerdo a los enfoques analíticos. Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales en lámina (minerales de arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas estructura y propiedades fisicoquímicas dependen de su composición. Desde el punto de vista petrológico la arcilla es en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, es un término granulométrico,

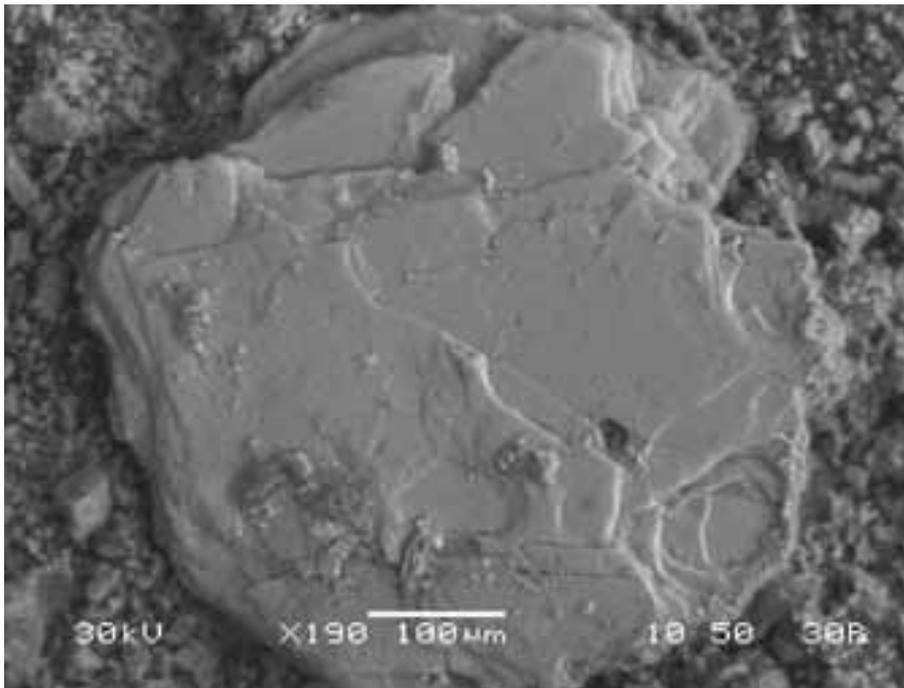


Figura 12. Microscopía electrónica de la Capa 3 de MITIC6 mostrando una fina matriz de capas múltiples de arcilla. *SEM of layer 3, case MITIC6, showing a fine-grained matrix of multiples layers of clay.*

que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a $2\ \mu\text{m}$, separándolo de los limos que poseen un mayor tamaño, entre 2 a $60\ \mu\text{m}$ (Grim 1968; Velde 1995). Y para un ceramista, arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica que puede ser utilizada para crear y modelar objetos. Este último punto de vista nos acerca a los preparadores fúnebres Chinchorro.

En los resultados mineralógicos obtenidos resulta inusual la presencia de caolinita (arcilla blanca muy pura) en dos muestras analizadas (Tabla 3), ya que es típica de ambientes tropicales. Sin embargo, los valores observados son menores que 1% y su presencia es probablemente el resultado de la acción eólica como ha sido reportada para otros lugares del Desierto de Atacama (Sutter et al. 2006). También la caolinita puede formarse por simples procesos de interperismo o meteorización de rocas plutónicas, volcánicas e incluso metamórficas y por los procesos de interacción roca-fluidos hidrotermales (Paquet y Clauer 1997; Velde 1995).

Hay que destacar que las arcillas del grupo esmectita (beidellita y montmorillonita), así como también la vermiculita, poseen una gran capacidad de hidratación e hinchamiento (Chorley et al. 1984;

Grim 1968). La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al aumento de volumen. La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar, por tanto, son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial para comprender tanto los procesos de construcción de las momias como su conservación y posible deterioro debido a la humedad ambiental (Tabla 7).

Tabla 7. Expansión de las arcillas en presencia de humedad ilimitada (Según Chorley et al. 1984). *Clay expansion in presence of unlimited humidity (after Chorley et al. 1984).*

Mineral	% de expansión
Montmorillonita sódica	1400-1600
Montmorillonita cálcica	45-145
Illita	5-120
Caolinita	6-60

Consideraciones Antropológicas

Es interesante señalar que las poblaciones Chinchorro empleaban sedimentos arcillosos de buena a mediana calidad para momificar a sus difuntos. Sin



Figura 13. Momia negra. Maestranza Chinchorro T1C3. Cráneo fragmentado que permite observar el material de relleno del endocráneo (madero de soporte y arcillas). Nótense las diferentes texturas y colores de las arcillas (flechas).

Black mummy. Maestranza T1C3. Details of fragmented cranium showing filling of the endocranium (wooden stick and clay). Note the different types of textures and colors of the clays (arrows).

embargo, la inspección ocular y microscópica de las pastas no muestra evidencia de que éstas hayan sido mezcladas o trituradas. También en las cavidades internas de los cuerpos se observan materiales de relleno de diferente coloración, texturas y formas, indicando un uso en estado natural (Figura 13). Más aun, los análisis de microscopía electrónica de barrido demuestran que estos minerales arcillosos tienen una forma euhedral, sugiriendo mínima intervención cultural de trituración (Figura 12) (Van Hoesen y Arriaza 2011). En la Tabla 2, los diversos elementos, expresados en porcentaje de masa, presentan cierta variación, producto de la composición natural de cómo se encuentran los elementos en su hábitat (Figuras 11 y 13). También, como se resume en la Tabla 4, las muestras presentan bastante plasticidad, exceptuando dos de ellas con valores de $-P$, una corresponde a una temprana momia de Camarones (Cam 17 T1C3) fechada en 4.830 a.C. (Aufderheide et al. 1993).

Considerando los datos presentados, se deduce que las poblaciones Chinchorro procesaron las arcillas (las humedecieron y amasaron) y las aplicaron al cuerpo. Los análisis visuales y microscópicos (lupa binocular y microscopía electrónica de barrido) permiten sugerir que no hubo adición sistemática de otros elementos como conchuelas, fibra vegetal o arena, y probablemente se utilizó la arcilla en forma natural, es decir, tal cual fue encontrada. Algunas inclusiones observadas (pelo) posiblemente se agregaron en forma accidental al momento de amasar las pastas antes de utilizarlas para preparar el cuerpo. La calidad de las arcillas demuestra la intención de buscar y seleccionar materias primas óptimas para el modelado de los cuerpos.

Esta arcilla gris-blanquecina se aplicó en forma abundante para rellenar las cavidades del cuerpo (cráneo, tórax y cavidad pélvica) y para modelar el contorno del cuerpo y las extremidades (Figuras 2, 3 y 13). Su calidad plástica permitió que los preparadores mortuorios Chinchorro crearan una masa maleable con la cual cubrían todo el armazón interno de huesos, palos y amarras de fibra vegetal de los cuerpos (Capas 1 y 2). Con esta masa de arcilla aplicada en estado húmedo modelaban además los rasgos del cuerpo en todos sus planos, lo que significa que debieron colocar el cuerpo tanto en posición prona como supina, ya que de otra manera la arcilla seca pierde la capacidad de mantenerse y sostenerse en su lugar.

La arcilla junto con otros elementos utilizados en la momificación permitían crear un volumen corporal (Capas 1-3) con contornos suaves, los que posteriormente se cubrían con la piel del individuo, a la que se le aplicaba luego una fina película de pintura negra compuesta principalmente de óxido de manganeso más otros minerales (Arriaza 2003; Arriaza et al. 2008). El mismo procedimiento se seguía con el modelado de la máscara, donde tres o cuatro elementos le dan aspecto de rostro humano, cuya abstracción muestra una desarrollada concepción estética. El resultado era una dialéctica plástica interesante en torno al color y el volumen, una especie de efigie gris-blanquecina de gran volumen de arcilla y una delgada película externa negra.

En respuesta a las interrogantes planteadas concluimos que las poblaciones Chinchorro utilizaron materiales arcillosos para la preparación de sus Momias Negras, esto en base a la granulometría fina y composición química, pero sobre todo por la mineralogía y plasticidad de los materiales empleados.

Los Chinchorro, evidentemente conocieron en forma práctica el comportamiento de este tipo de material que buscaron y seleccionaron cuidadosamente. Dada la gran cantidad de arcilla aplicada en las momias, ésta debió ser muy abundante en el entorno donde vivían las poblaciones Chinchorro, probablemente de la sedimentación aledaña a los ríos como por ejemplo de los ríos Lluta y San José (Figura 1). Sin embargo, la identificación de los lugares específicos de extracción de la arcilla es un desafío pendiente e importante, considerando la extensión geográfica ocupada por los Chinchorro, el marco temporal, la transformación de los bordes costeros por la población actual y el gran número de muestras que se deberían analizar. Es sin duda una pregunta interesante que esperamos sea el foco de futuros estudios en esta región, ahora que contamos con una línea base de investigación. Planteamos como hipótesis de trabajo que las fuentes de arcillas deberían haber provenido de áreas pantanosas locales y cercanas que se forman en las desembocaduras de los ríos donde vivían los Chinchorro. Los depósitos de sedimentos aluviales varían estacionalmente con los ciclos hidrológicos dejando grandes estratos de sedimentos (arcillas y limos) y materias primas disponibles a estas poblaciones.

Es importante recordar la geomorfología y la presencia de estos minerales y sedimentos arcillosos en la región. Arica se encuentra en un arco magmático del Jurásico-Cretáceo que expone rocas sedimentarias, volcánicas y plutónicas (Oliveros et al. 2006; Scheuber y González 1999; SERNAGEOMIN 2002; Seyfried et al. 1999). La región está dominada por ignimbritas, flujos de lava y depósitos piroclásticos de la Formación Camaraca, depósitos de sedimentos marinos de la Formación los Tarros y depósitos sedimentarios de la Formación Atajaña (Hartley y Evenstar 2009; Oliveros et al. 2006). Estas rocas son sobrepuestas por las Formaciones Azapa, Oxaya y el Diablo (Hartley y Evenstar 2009). La formación temprana Cenozoica Azapa presenta conglomerados y areniscas intercaladas y el Eoceno tardío hasta la formación del Mioceno Oxaya temprano contienen ignimbritas riolíticas sobrepuestas con areniscas y conglomerados. La formación tardía Mioceno el Diablo contiene areniscas, piedra caliza y grava con escasas ignimbritas (García y Hérail 2005; Pinto et al. 2004).

Las características mineralógicas de los sedimentos arcillosos estudiados (cuarzo, albita, sanidina y moscovita) son consistentes con rocas ígneas de

composición ácida, indicando que las arcillas usadas por los Chinchorro son producto de alteración de granitos (rocas ígneas intrusivas) o riolitas (roca ígnea extrusiva o volcánica). Seyfried et al. (1999) reportan ignimbritas riolíticas (depósitos de ceniza volcánica) para el área de Arica consistente con las composiciones mineralógicas de las arcillas que reportamos en este estudio. Los análisis fisicoquímicos y estadísticos revelan bastante similitud entre las arcillas estudiadas, aunque con algunas variaciones esperadas, seguramente producto de la diferencia espacial y cronológica de las muestras. También la geomorfología de estos valles y desembocaduras de ríos (territorio que ocupaban los Chinchorro) ha sido afectada y transformada por los procesos dinámicos de los eventos estivales climáticos del invierno boliviano (diciembre-marzo). Como consecuencia de los aportes pluviales altiplánicos se producen torrentes aluvionales que traen material particulado sedimentado que incrementa el volumen de los sedimentos costeros marinos cercanos a las desembocaduras (Campos et al. 2007).

El manejo de la arcilla y su abundancia permitió a los Chinchorro contar con un material plástico para modelar, decorar y preservar a sus muertos en forma de efigies o cuerpos modelados. La arcilla contribuyó a recuperar la forma y esencia del difunto y a conservar huesos y cabellos. También la plasticidad de este material, sin duda, favoreció al surgimiento de especialistas mortuorios, desde las tempranas y más rudimentarias formas de momificación observadas en Camarones 14 y Camarones 17 hasta los elaborados cuerpos modelados de Arica (p.ej., Maderas Enco, Maestranza Chinchorro y Morro 1), donde se observa que los especialistas aplicaban la arcilla en forma abundante y compleja. Las poblaciones Chinchorro utilizaron ampliamente la arcilla, como se refleja en las muestras provenientes del total de siete sitios en estudio, tanto de Arica propiamente tal como de la Quebrada de Camarones, compartiendo una práctica cultural y en particular una ideología mortuoria común, tanto en la recolección de materias primas como en el empleo de ellas para la preparación y conservación de sus difuntos. Seguramente, el peso ideológico y esotérico del proceso de momificación no radicaba necesariamente en la naturaleza y calidad de los tipos de materiales empleados como el color, forma, textura y plasticidad, por ejemplo, sino además en otros aspectos más intangibles y difíciles de investigar, como son los valores que se le atribuyen a la

cultura material y las concepciones escatológicas de estas poblaciones.

Agradecimientos: Los autores agradecen el trabajo de los evaluadores anónimos, cuyas críticas constructivas, sugerencias y comentarios contribuyeron a mejorar este trabajo. También agradecemos a Octavio Lagos y Raúl Rocha por la edición de

las ilustraciones y a Manuel Rodríguez y Alejandro Cuadra por los análisis estadísticos. Proyecto financiado por la Universidad de Tarapacá (UTA), proyecto Mayor No. 3754. Arica-Chile, aportes del Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto (CIHDE-CODECITE), Arica-Chile, y Convenio de Desempeño UTA-MINEDUC.

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. 2003. *Cultura Chinchorro: Las Momias más Antiguas del Mundo*. Editorial Universitaria, Santiago.
- Arriaza, B., M. Doubrava, V. Standen y H. Haas 2005. Differential mortuary treatment among Andean Chinchorro fishers: Social inequalities or in situ regional evolution. *Current Anthropology* 46:662-671.
- Arriaza, B. y V. Standen 2008. *Muerte, Momias y Ritos Ancestrales*. Editorial Universitaria, Santiago.
- Arriaza, B., 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.
- Aufderheide, A., I. Muñoz y B. Arriaza 1993. Seven Chinchorro mummies and the prehistory of northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 91:189-202.
- Campos, H., G. Díaz y C. Campos 2007. Aportes sedimentarios de los ríos Lluta y San José en la zona costera de la Rada de Arica, Chile. *Idesia* 25:37-48.
- Chorley, R.J., S. A. Schumm y D.E. Sugden 1984. *Geomorphology*. Ed. Methuen, London.
- García, M. y G. Hérail 2005. Fault-related folding, drainage network evolution and valley incision during the Neogene in the Andean Precordillera of Northern Chile. *Geomorphology* 65:279-300.
- Grim, R.E. 2008. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill, New York.
- Hartley, A.J. y L. Evenstar 2009. Cenozoic stratigraphic development of the north Chilean forearc: Implications for basin development and uplift history of the Central Andean margin. *Tectonophysics* 495:67-77.
- Jackson, D. 2004. Los implementos de molienda en un campamento estacional del Holoceno Medio: implicancias funcionales y contextuales. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 36:95-103.
- Mathew, A.J., A.J. Woods y C. Oliver 2001. Spots before your eyes: new comparison charts for visual percentage estimation in archaeological material. En *Recent Developments in Ceramic Petrology*, editado por A.P. Middleton e I.C. Freestone, pp. 211-263. British Museum Occasional Paper, 81, Museo Británico, Londres.
- Oliveros, V., G. Feraud, L. Aguirre, M. Fornari y D. Morata 2006. The Early Andean Magmatic Province (EAMP): ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating on Mesozoic volcanic and plutonic rocks from the Coastal Cordillera, northern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 157:311-330.
- Paquet, H y N. Clauer 1997. *Soils and Sediments: Mineralogy and Geochemistry*. Springer Verlag, Berlin.
- Pinto, L., G. Hérail y R. Charrier 2004. Syntectonic sedimentation associated Neogene structures in the Precordillera of Moquegua Zone, Tarapacá (19°15'S, northern Chile). *Revista Geológica de Chile* 31:19-44.
- Romero, A. 2002. Cerámica doméstica del valle de Lluta: cultura local y redes de interacción Inka. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 34:191-213.
- Santoro, C.M., A. Romero y B.M. Santos 2001. Formas cerámicas e interacción regional durante los periodos intermedio tardío y tardío en el valle de Lluta. *Segundas Jornadas de Arte y Arqueología*, editado por J. Berenguer, L. Cornejo, F. Gallardo y C. Sinclair, pp. 15-40. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago.
- Santoro, C., B. Arriaza, V. Standen y P. Marquet 2005. People of the coastal Atacama Desert. Living between sand dunes and waves of the Pacific Ocean. En *Desert People, Archaeological Perspectives*, editado por P. Veth, M. Smith y P. Hiscock, pp. 243-260. Blackwell Publishing, U.K.
- Santos, M. 2002. Conservación preventiva de una colección única en el mundo: cuerpos momificados Chinchorro. *Conserva* 6:75-86.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) 2002. Mapa Geológico de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica (75), 1 mapa, 1:1.000.000. Santiago, Chile.
- Seyfried, H., G. Worrier, D. Uhlig, I. Kohler y C. Calvo 1998. Introducción a la geología y morfología de los Andes en el norte de Chile. *Chungara* 30:7-39 (impreso 1999).
- Scheuber, E. y G. González 1999. Tectonics of the Jurassic-Early Cretaceous magmatic arc of the north Chilean Coastal Cordillera (22°-26°S): A story of crustal deformation along a convergent plate boundary. *Tectonics* 12:243-257.

Standen, V. 2007. Temprana complejidad funeraria de la Cultura Chinchorro (norte de Chile). *Latin American Antiquity* 8:134-156.

Sutter, B., Amundson, R. y J. Owen 2006. Phyllosilicate mineralogy of Atacama Desert soils: Insight into Atacama soil formation processes. *Geological Society of America Abstracts with Programs* 38(7):522.

Uribe, M. 1999. La cerámica de Arica 40 años después de Dauelsberg. *Chungara* 31:189-228.

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*. Article first published online: 17 MAR 2011 DOI: 10.1111/j.1475-4754.2010.00584.x

Velde, B. 1995. *Origin and Mineralogy Clays: Clays and the Environment*. Springer Verlag, Berlin.