



## Aproximación arqueométrica a la presencia de ocras en cementerios del área de Calama durante el Período Formativo Medio (500 AC-100 DC), norte de Chile

### Exploratory archaeometric study of the ochers present in Calama cemeteries during the Middle Formative period (500 BC-100 AD), northern Chile

Juan Pablo Ogalde<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0762-4751>

Freddy Viñales<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-2085-2062>

Claudia Ogalde<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4851-7696>

Nelson Lara<sup>4</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-9482-7353>

Bernardo Arriaza<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9921-9253>

Carolina Paipa<sup>5</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-8202-2945>

Patricio Leyton<sup>5</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0951-0280>

Marcelo Campos-Vallette<sup>6</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0962-7892>

<sup>1</sup>Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá, Arica, CHILE.

Email: jpabloogalde@yahoo.es; barriazaarica@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Antropología, UTA-UCN, Universidad Católica del Norte, Instituto de Arqueología y Antropología (IAA), San Pedro de Atacama, CHILE. Email: freddy.vinales@gmail.com

<sup>3</sup>Programa de Doctorado en Antropología, UTA-UCN, Universidad de Tarapacá, CHILE.

Email: c.ogaldeherrera@gmail.com

<sup>4</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, Arica, CHILE.

Email: nelsonlarah@gmail.com

<sup>5</sup>Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, CHILE.

Email: carolina.paipa@vtr.net; patricio.leyton@pucv.cl

<sup>6</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, CHILE.

Email: facien05@uchile.cl

### Resumen

Aquí se presentan los resultados de los análisis de espectroscopía Raman e Infrarroja de pigmentos rojos provenientes de dos contextos fúnebres del cementerio de Topater-1, además de otras dos muestras, una del sector San Salvador y otra sin referencia como muestra de control. Todos los pigmentos fueron hallados en el área de Calama, norte de Chile (ca. 500 AC – 100 DC). El cromóforo rojo identificado en todos los casos fue hematita, además de distintos tipos de arcilla y cantidades variables de materia orgánica. Los contenidos de arcillas se relacionan con diversas fuentes de aprovisionamiento, mientras que la presencia de materia orgánica sugiere procesos tecnológicos. Luego, el contraste de estos resultados con la evidencia arqueológica local permite explorar prácticas tecnológicas donde es importante la relación individuo-paisaje o medio ambiente. Esta evidencia es significativa porque confluye con prácticas fúnebres donde

se depositan estos pigmentos en valvas de *Concholepas concholepas*. La realización en la región de estudios de largo alcance bajo esta óptica permitiría: i) dar fundamento estadístico a estas nociones preliminares, ii) proponer acciones analítico-instrumentales posteriores, y iii) inferir sobre el manejo y la circulación local de la hematita y las prácticas asociadas.

*Palabras clave:* hematita, arcillas, *Concholepas concholepas*, espectroscopía vibracional, desierto de Atacama.

### **Abstract**

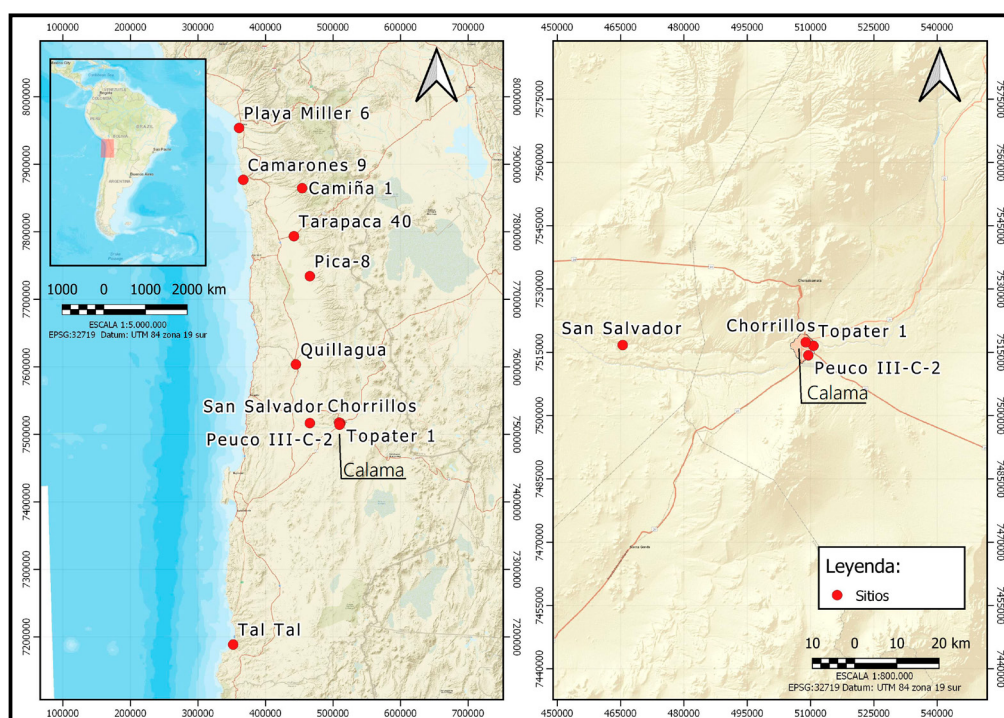
Here we present the results of the Raman and Infrared spectroscopy analysis of red pigments from two funeral contexts from the Topater-1 cemetery, in addition to two other samples, one from the San Salvador sector, and another without reference as a control sample. All pigments were found in the Calama area, northern Chile (ca. 500 BC - 100 AD). The red chromophore identified in all cases was hematite, as well as different types of clay and variable amounts of organic matter. The clay contents are related to various sources of supply, while the presence of organic matter suggests technological processes. Then, the contrast of these results with the local archaeological evidence allows us to explore technological practices where the individual-landscape or environment relationship is important. This evidence is significant because they converge with funeral practices where these pigments are deposited in valves of *Concholepas concholepas*. Carrying out long-range studies in the region from this perspective would allow: i) to give a statistical basis to these preliminary notions, ii) to propose subsequent analytical-instrumental actions, and iii) to infer on the management and local circulation of hematite and the associated practices.

*Keywords:* hematite, clays, *Concholepas concholepas*, vibrational spectroscopy, Atacama dessert.

Recibido: 5 mayo 2020. Aceptado: 6 abril 2021

## Introducción

En este artículo se reportan los datos de espectroscopía Raman e Infrarroja de cuatro muestras de pigmentos rojos, provenientes del área arqueológica del oasis de Calama, región de Antofagasta (Figura 1). Estos cromóforos rojos están depositados en valvas de *Concholepas concholepas* (conocido como loco, tolina, chanque), que es un molusco de consumo humano de larga data y que se ha hallado en contextos fúnebres de la región, principalmente en la costa del norte de Chile. Dos muestras provienen del sitio Topater-1 ubicado al borde este de Calama, otra muestra proviene del sector arqueológico San Salvador, situado en la quebrada homónima al poniente de la ciudad, además de otro pigmento sin referencia del área de Calama. En todas las muestras se identificó el cromóforo hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) además de elementos secundarios de interés. Estos resultados permitirán discutir algunos aspectos sociales locales respecto de estas materias primas de color rojo.



**Figura 1.** Mapa del área de interés.

Mapa del norte de Chile que incluye sitios arqueológicos mencionados en este texto (izquierda), con un detalle de sitios del área de Calama que incluye el sitio de Topater-1 (derecha).

Sin duda, la importancia cultural ancestral de este tipo de material está dada por su naturaleza y utilización cromática, pues los pigmentos derivados de tierras coloreadas fueron extensamente conocidos en épocas prehispánicas, siendo la hematita tempranamente extraída, tratada y utilizada en los Andes centro-sur en distintos soportes (Vaughn et al., 2005; Brooks et al., 2008; Eerkens et al., 2009, 2014; Petersen, 2010; Salazar et al., 2010, 2011, 2015; Arriaza et al., 2012; López et al., 2012; Sepúlveda et al., 2013, 2014, 2015; Ogalde et al., 2014, 2015, 2020; Castelleti et al., 2015, entre otros). De hecho, la extracción de hematita es una de las

primeras manifestaciones de minería en Sudamérica (Vaughn et al., 2007, 2013), mientras que algunas de las fechas más tempranas asociadas al uso y explotación de este mineral han sido reportadas en el norte de Chile (Salazar et al., 2011). Así, para constatar arqueométricamente el uso de hematita en diversos soportes de los Andes centro-sur se han utilizado diversas herramientas multiparamétricas (Tabla 1), acercamiento metodológico que permite evaluar las técnicas instrumentales que pueden ser utilizadas en este tipo de investigación.

**Tabla 1.** Principales investigaciones arqueométricas de los Andes centro-sur.

Material identificado	Técnica Instrumental	Área	Período	Fuente
Arcilla, óxidos de Fe y Mn	Fluorescencia de Rayos-X de energía dispersiva (EDXRF). Difracción de Rayos-X (DFX)	Arica, norte de Chile	Arcaico	Arriaza et al., 2012.
Hematita	Microscopio electrónico de barrido (SEM Scanning Electron Microscope) con detector EDX. DFX. Datación por AMS y arqueomagnetismo	Taltal, norte de Chile	Arcaico	Castelleti et al., 2015.
Hematita	Fechados de radiocarbono	Nasca, sur del Perú	Formativo	Eerkens et al., 2009.
Óxidos de Fe y Mn	Isotopos de Fe en MC-MICP-MS. DFX	Nasca, sur del Perú	Formativo	Eerkens et al., 2014.
Óxidos de Fe y Mn	SEM-EDX	Arica, norte de Chile	Horizonte Medio	Ogalde 2015
Oropimente	Microscopía óptica. SEM-EDX. 1H-RMN. 13C-RMN Espectroscopía infrarroja Espectroscopía Raman	Calama, norte de Chile	Formativo	Ogalde et al., 2014.
Hematita	SEM-EDX. Espectroscopía infrarroja. Espectroscopía Raman	Calama e Iquique, norte de Chile	Formativo	Ogalde et al., 2015.
Hematita, Jacobsita, yeso	SEM-EDX. Espectroscopía Raman	Sitios altiplánicos Tiwanaku, Sur de Bolivia	Horizonte Medio	Ogalde et al., 2020.
Hematita	Fechados radiocarbónicos	Taltal, norte de Chile	Arcaico	Salazar et al., 2011.
Hematita	Fechados radiocarbónicos	Taltal, norte de Chile	Arcaico	Salazar et al., 2015.
Óxidos de Mn	EDXRF. DRX. SEM-EDX	Arica, norte de Chile	Arcaico	Sepúlveda et al., 2012, 2013.
Arcilla, óxidos de Fe, Mn y Cu	EDXRF $\mu$ DRX. SEM-EDX Espectroscopía Infrarroja Espectroscopía Raman	Arica, Camarones, norte de Chile	Arcaico	Sepúlveda et al., 2014

Pyrolusita, óxidos de Mn.	Espectroscopía $\mu$ Raman	Arica, norte de Chile	Arcaico	Sepúlveda et al., 2015
Hematita	Fechaos de radiocarbono.	Nasca, sur del Perú	Formativo	Vaughn et al., 2007
Hematita	Fechaos de radiocarbono	Nasca, sur del Perú	Intermedio Temprano Horizonte Medio	Vaughn et al., 2013
Óxidos de Fe y Mn	Ablación láser con plasma inductivamente acoplado con espectrometría de masas (LA-ICP-MS)	Nasca, sur del Perú	Formativo	Vaughn et al., 2005

Por otro lado, la historia de los pigmentos rojos en los Andes es especialmente larga en el caso de la hematita, lo cual supone el desarrollo de dominios semánticos y tecnológicos propios (Goodwin, 1997; King, 2005; García, 2010; Ávila, 2011; Hinks, 2016). Respecto de esto último, el estudio con técnicas arqueométricas de los componentes positivistas de los pigmentos y/o medio ambiente necesario para su obtención (elementos químicos, óxidos, cromóforos, aglomerantes, minas, etc.) puede ayudar a comprender los aspectos culturales relativos a los dominios semánticos y simbólicos del artefacto y/o su producción, como los tabúes, mitos, etcétera (Sellet, 1993; Dant, 2005; Ingold, 2007, 2010; Broncano, 2008; Dobres, 2010; Hisks, 2010; Parente, 2016, entre otros).

Así, en coherencia con este enfoque, nuestra intención es detallar en profundidad los datos de espectroscopía vibracional de las muestras del área de Calama, como ejemplo del valor exploratorio e interpretativo de esta evidencia en relación con prácticas tecnológicas y/o el medio ambiente. En paralelo, se muestra cómo esta evidencia puede ser una base para las decisiones arqueométricas futuras sobre técnicas mayores y/o tratamientos analíticos especializados, para estudios de largo aliento en el tema de pigmentos rojos depositados en valvas de *Concholepas concholepas*.

## Materiales y métodos

### El área de estudio

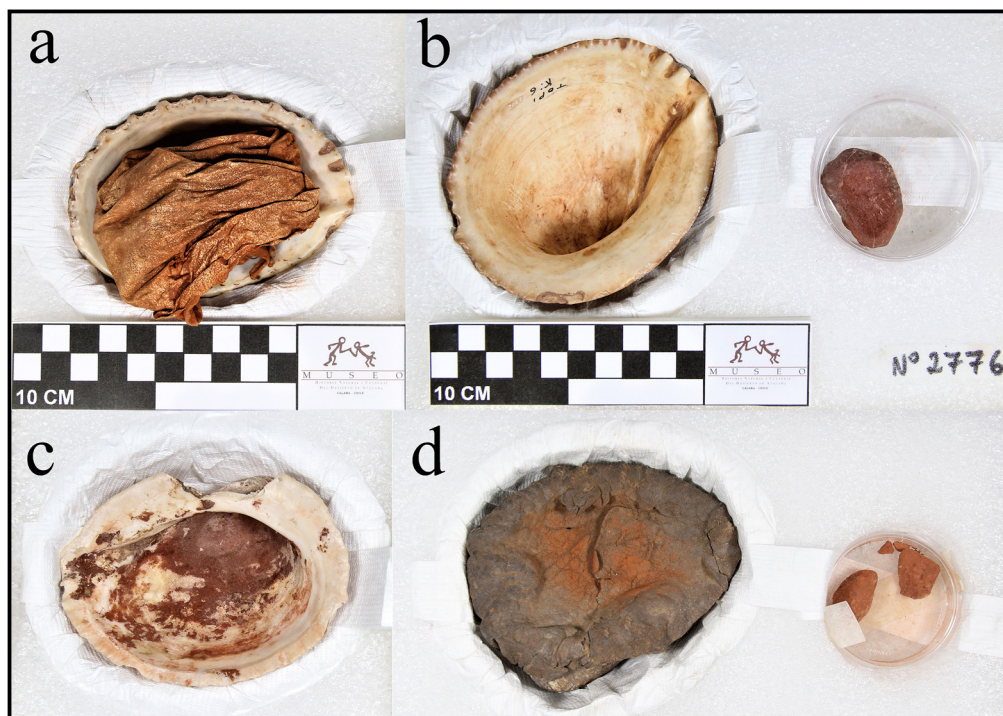
Junto con reportarse sitios paleontológicos en el área del oasis de Calama (López et al., 2018), se han hallado sitios arqueológicos desde Períodos Formativos, donde, desde muy temprano, este enclave congregó una amplia disponibilidad de recursos para la subsistencia dada su cercanía al río Loa, con característicos bosques de chañar y algarrobo junto a extensas vegas inundables. Así, gran parte del desarrollo del oasis de Calama en el desierto de Atacama radica en su ubicación estratégica como punto intermedio en el tránsito entre la costa y tierras altas, incluyendo la vertiente occidental de los Andes, lo cual le permitió participar en redes de intercambio interregionales (Núñez, 1976, 2004; Serracino, 1984; Thomas et al., 1994; González y Westfall, 2010; Hermosilla y Barrera, 2010; Falabella et al., 2016; McRos-tie et al., 2019).

## Muestras

Las muestras de pigmentos rojos provenientes del área de Calama se encontraban depositadas en valvas de *Concholepas concholepas* (Figura 2) y pertenecen a la colección del Depósito Arqueológico de la Corporación de Cultura y Turismo de Calama (CCTC). Dos muestras con códigos 2775 y 2776 provienen respectivamente de las cuadrículas E3 y K5 del sitio Topater-1, según referencias de la CCTC. El cementerio Topater-1 contiene 61 fardos completos con 44 casos que corresponden a adultos, 13 infantes y cuatro nonatos. En su mayoría los entierros son colectivos, mientras que la forma de las tumbas se puede dividir en: 1) concavidad oval, 2) cista con piedras laja o rodados que circundan el entierro, 3) piedra laja sobre el entierro y, 4) entierro en cesto (Serracino 1984; Thomas et al. 1994). El análisis de estos contextos fúnebres mostró gran variedad de cultura material como adornos cefálicos con penachos, plumas de especies de la alta puna y el oriente boliviano, máscaras de puma, tabletas de rapé y espátulas, instrumentos musicales, cuentas de collar, cestería, cucharas, palas, agujas, peines (formados con espinas de cactus), cerámica, cerámicas negras pulidas del noroeste argentino, restos vegetales y animales, algodón hilado, múltiples semillas y frutos cultivados y silvestres, pescado seco y conchas marinas de la costa Pacífica, así como extremidades de camélidos (Serracino, 1984; Thomas et al., 1994, 1995; Gallardo, 2009; Labarca y Gallardo, 2015). Así, la cultura material del cementerio Topater-1 da cuenta de la situación del oasis de Calama como punto intermedio en los flujos entre la costa y tierras altas, incorporándose esta población a redes de intercambio. El grueso de esta evidencia material muestra un componente estilístico relativo al Formativo Medio con dos fechas de radiocarbono Beta-322289, cal. 360 a 270 AC y cal. 260 a 170 AC (calibrada 2 sigmas, 95% de probabilidad) y Beta 259693, cal. 410 a 360 AC (calibrada 2 sigmas, 95% de probabilidad) (McRostie et al., 2019).

La tercera muestra con código 2785 figura en los registros de CCTC como material del sitio arqueológico de San Salvador, correspondiéndose con el área arqueológica de la quebrada homónima (afluente del río Loa) ubicado a 40 km al oeste de Calama a unos 110 km de la costa del Pacífico (Torres-Rouff et al., 2012). El sitio arqueológico de San Salvador presenta un cementerio y una aldea, cuyo emplazamiento y la cultura material estudiada muestran que esta área también estaría funcionando como un lugar intermediario en las rutas de la costa y el interior (Spahni 1964; Torres-Rouff et al., 2012). Las fechas de radiocarbono sitúan este sitio en el Período Formativo Medio, con fechas asociadas al cementerio de 2080±40 AP [Beta-247417], 164 cal AC (cal 128 DC [ $p = .07$ ]) y 121 cal AC (cal 67 d.C. [ $p = .93$ ]), mientras que el pueblo presenta fechas de 2370±40 AP [Beta-247418], 511-350 cal DC [ $p = .72$ ] y 311-209 cal DC [ $p = .28$ ]. Las excavaciones en el cementerio de San Salvador revelaron valvas de *Concholepas concholepas* llenas de pigmento (Torres-Rouff et al., 2012). Sin embargo, la muestra estudiada provendría de los materiales excavados de una tumba relativamente intacta en un cementerio indígena saqueado que informa y deposita Spahni (1964) en el CCTC. La tumba era una fosa regular simple de 2 m x 1 m con 1,50 m de profundidad, que contenía un individuo femenino de edad avanzada recostado sobre el lado derecho con restos de textiles de colores naturales y teñidos, al cual le faltaban ambos brazos, parte importante de los costados, las vértebras cervicales y la cabeza. Esta última se hallaba 0,50 m al oeste del cuerpo, contra la pared del pozo, presentando un turbante rojo y heridas provocadas por un golpe en la base que destrozó la región orbitaria derecha (Spahni, 1964). Debajo del cuerpo se encontraron restos textiles y una valva de molusco con pigmentos (“*Coquille de ‘Semele solida G’ contenant de la poudre d’ocre rouge*”, Spahni, 1964, p. 11). Tomando en cuenta las inconsistencias en la especie de molusco informada (“*Semele solida G*” versus *Concholepas concholepas*), al menos es

seguro que Spahni recoge la valva con el pigmento que se analizó durante estos trabajos en San Salvador. Finalmente, la cuarta muestra proviene del área del oasis de Calama, pero no tiene referencia a un sitio específico.



**Figura 2.** Las muestras de pigmentos rojos en valvas de *Concholepas concholepas*.

a) 2775 y b) 2776 del sitio Topater-1, c) 2785 del sitio San Salvador y d) muestra control (sin referencia).

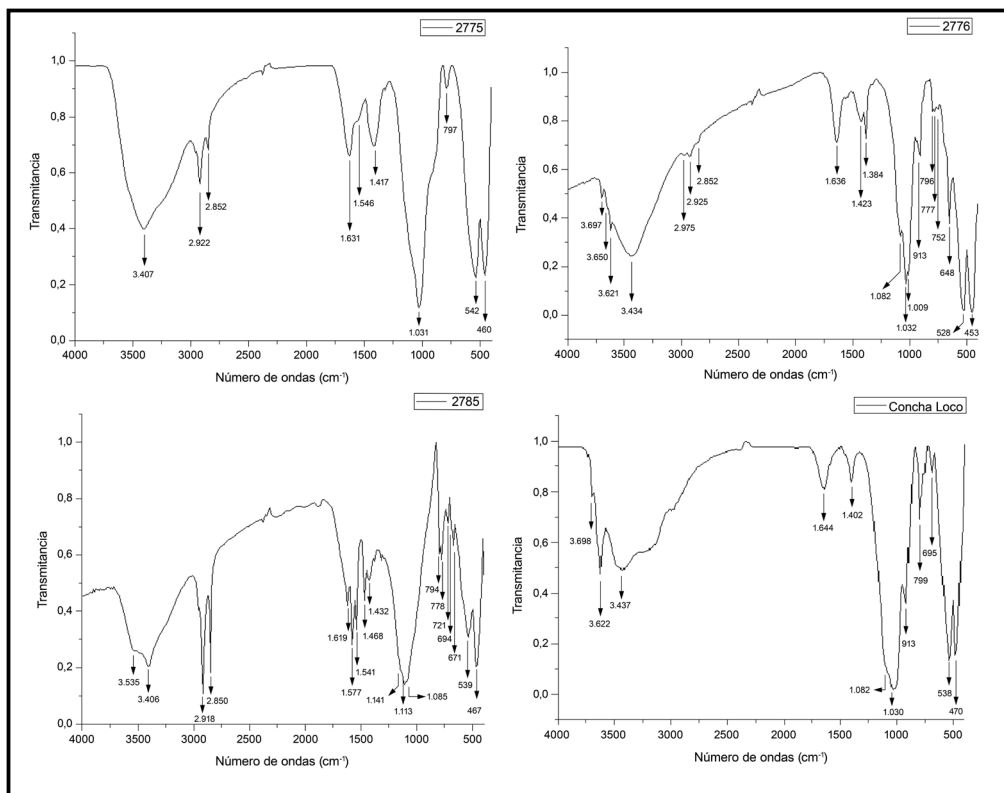
## Métodos

*Espectroscopía Infrarroja.* En un mortero de ágata se pulverizó 2-2,5 mg de muestra más 100 mg de bromuro de potasio (KBr); con esta mezcla se elaboró una pastilla. Esta se midió en un espectroscopio infrarrojo PerkinElmer, modelo Spectrum 100 FT-IR Spectrometer, provisto con un sistema Software Spectrum Version 6.2.0 2007 Perkin Elmer, Inc. El rango utilizado fue de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , con una resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$  y cuatro repeticiones de barrido espectral. Estos análisis se realizaron en el Departamento de Química de la Universidad de Tarapacá.

*Espectroscopía Raman.* Las muestras de pigmento fueron montadas en un portaobjetos para obtener el espectro Raman de las distintas áreas superficiales coloreadas usando un Renishaw Raman Microscope System RM1000 (diodo del láser a 785 nm), un microscopio Leica, un detector CCD enfriado eléctricamente y filtro notch para eliminar el scattering elástico. Los espectros fueron obtenidos usando un objetivo de 50x, con el output del láser a 2.0 mW y una resolución espectral de 2  $\text{cm}^{-1}$ . Este análisis fue realizado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile en Santiago.

## Resultados

La Figura 3 muestra los espectros infrarrojos de las muestras de Topater-1 (Figura 3a y 3b), San Salvador (Figura 3c) y la muestra sin referencia (Figura 3d). En todas se observa la recurrencia e importancia de las bandas a  $\sim 528 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 460 \text{ cm}^{-1}$  que se corresponderían con la hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Por otro lado, se observan bandas que irían desde  $\sim 1030$  hasta  $\sim 1150 \text{ cm}^{-1}$  relativas a aluminosilicatos que componen las arcillas, donde bandas en el rango de  $\sim 1080 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 754 \text{ cm}^{-1}$  podrían ser relativas al cuarzo. Igualmente, se observa el conjunto de bandas a  $3620 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3654 \text{ cm}^{-1}$  y  $3697 \text{ cm}^{-1}$  que son propias de aluminosilicatos tipo caolinitas, además de las bandas características a  $\sim 913 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1010 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 1030 \text{ cm}^{-1}$  (más claramente en Figura 3b y 3d). La materia orgánica presente es posible deducirla a partir de las bandas  $\sim 2920 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 2850 \text{ cm}^{-1}$ , además de otras bandas adicionales que son más visibles en algunos casos (Figura 3c). Por último, la gran banda a  $\sim 3400 \text{ cm}^{-1}$  podría estar asociada a hidroxilo de agua y/o de arcillas. Asimismo, la pronunciada banda entre  $\sim 1648 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 1628 \text{ cm}^{-1}$  puede estar relacionada con el agua libre de occlusión en las arcillas.

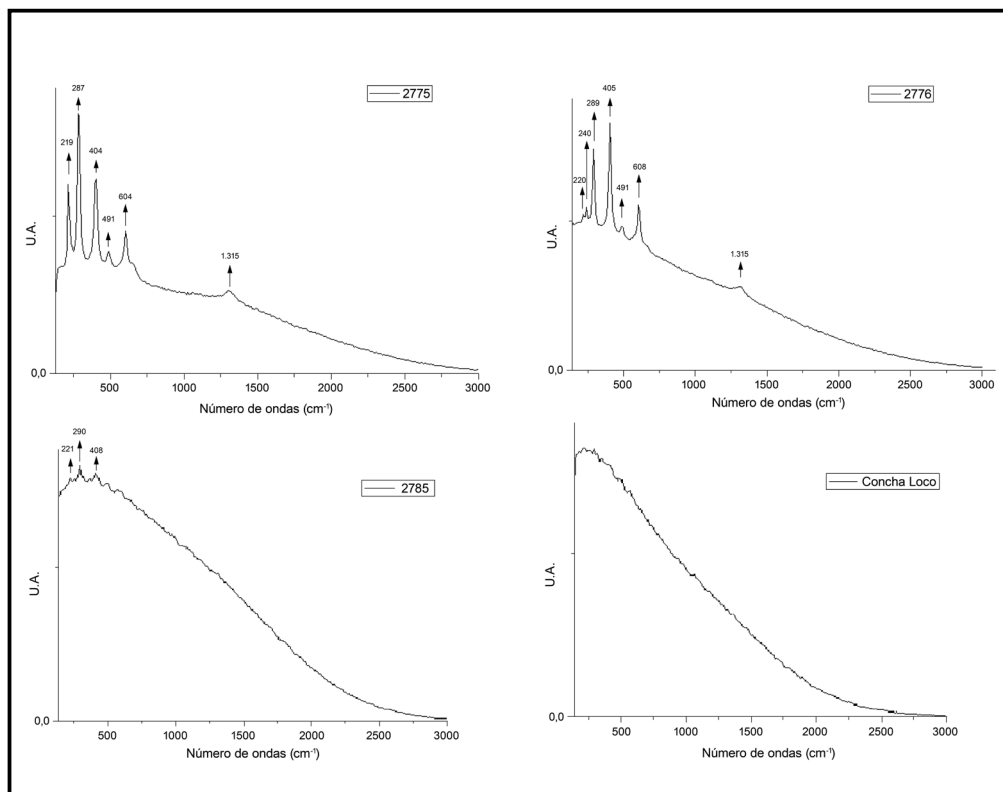


**Figura 3.** Espectro Infrarrojo de las muestras.

a) 2775 y b) 2776, sitio Topater-1, c) 2785, sitio San Salvador, d) muestra de control (sin referencia).



La Figura 4 expone los espectros Raman de las muestras, donde se observan bandas a  $\sim 287$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 280$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 404$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 408$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 491$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 604$   $\text{cm}^{-1}$ ,  $\sim 608$   $\text{cm}^{-1}$  y  $\sim 1315$   $\text{cm}^{-1}$  (Figura 4a, 4b y 4c), correspondientes con las frecuencias reportadas para la hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Salvo este resultado, no es posible observar ninguna otra banda importante, mientras que sí se observan los efectos de la fluorescencia en las mediciones (Figura 4c y 4d).



**Figura 4.** Espectros Raman de las muestras.

a) 2775 y b) 2776, sitio Topater-1; c) 2785, sitio San Salvador; d) muestra control (sin referencia).

## Discusión

El espectro Raman del estándar Ruff de hematita muestra bandas a 610, 496, 408, 291 y 226  $\text{cm}^{-1}$  (Ogalde et al., 2015) que se corresponden con las señales que muestran los espectros de los casos estudiados. Así, la espectroscopía Raman confirma plenamente la presencia de hematita en tres casos (Figura 4a, 4b y 4c), mientras que en un caso hay señales de fluorescencia que enmascaran las señales de hematita (Figura 4d). Este problema de fluorescencia, frecuente e importante en la espectroscopía Raman, podría ser tratado con las técnicas asociadas denominadas SERDS (Shifted Excitation Raman Difference Spectroscopy) o SSRS (Shifted Subtracted Raman Spectroscopy); técnicas que “apagan” el tipo de señal asociada a la fluorescencia (Sicardi, 2010; Wein et al., 2015). Otro camino instrumental homólogo es anexar una técnica complementaria a la espectroscopía Raman. En investigaciones del área se han utilizado diferentes técnicas instrumentales complementarias como la Difracción de Rayos-X (XRD), Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente y ablación por láser (LA-ICP-MS), además

de microscopía óptica con luz polarizada, entre otras (Tabla 1), de las cuales la espectroscopía vibracional Infrarroja es la más utilizada (Pollard y Heron, 1996; Goffer, 2007; Cortell, 2016).

En el caso de las muestras del área de Calama, la combinación con la técnica vibracional Infrarroja (IR) ha permitido la plena identificación del cromóforo hematita en todas las muestras. En todos los espectros IR (ver Figura 3) se presentan bandas a  $\sim 542\text{-}528\text{ cm}^{-1}$  y un hombro ca.  $690\text{ cm}^{-1}$  correspondientes al modo stretching del enlace Fe-O, mientras que el pico a  $\sim 470\text{-}453\text{ cm}^{-1}$  corresponde al modo vibracional de red de  $\text{FeO}_6$  (Rendon y Serna, 1981; Barron et al., 1984; Vempati et al., 1990).

Luego, las tierras naturales rojas que consisten en uno o más óxidos ferrosos o férricos además de sílice, alúmina, arcillas y ocasionalmente óxidos de manganeso, se denominan ocre y se encuentran en depósitos geológicos de todo el mundo (Harben y Kužvart, 1996; Petersen, 2010). La variación del color del ocre –de rojo hasta amarillo– se debe a la presencia de diferentes óxidos e hidróxidos de hierro, como la hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), la limonita ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) y la goetita ( $\text{FeOOH}$ ) (Harben y Kužvart, 1996; Goffer, 2007; Romero-Gómez et al., 2013; Cortell, 2016), variando también según los contenidos de arcilla (Solá et al., 2013; Cortell, 2016). En el caso de las muestras estudiadas del área de Calama, solo se ha identificado el cromóforo rojo hematita, además de señales secundarias que son probablemente las causantes de la fluorescencia en la espectroscopía Raman. Justamente estas señales secundarias son importantes, pues permiten identificar cuerpos arcillosos presentes en las muestras como correspondería a un ocre natural. Esta misma situación se observa en hematita depositada en valvas de *Concholepas concholepas* del cementerio Chorrillos (código NA-4 DAC) del área de Calama (Ogalde et al., 2015).

Luego, parte de las bandas secundarias en los espectros IR representan señales importantes, inespecíficas y comunes para varios tipos de aluminosilicatos ca.  $1110\text{ a }1000\text{ cm}^{-1}$ , que corresponden a la vibración stretching del enlace Si-O, con subintervalos posibles para el enlace Si-O-Si a  $1090\text{-}1030\text{ cm}^{-1}$  y para el enlace Si-OH a  $\delta 1030\text{ cm}^{-1}$ . Otras bandas adicionales como aquellas cercanas a  $795\text{ cm}^{-1}$  y  $770\text{ cm}^{-1}$  son también comunes en las arcillas (Mejías et al., 2012; Djomgoue y Njopwono, 2013).

Sin embargo, las bandas ca.  $3697$  y  $3650\text{ cm}^{-1}$  se corresponden con la vibración stretching de hidroxilos (OH) superficiales de la caolinita, mientras que las bandas cercanas a  $3622\text{ cm}^{-1}$  se corresponden con su vibración stretching de hidroxilos (OH) internos (Torres et al., 2011; Mejías et al., 2012). Así, bandas características situadas a  $\sim 3698$ ,  $\sim 3650$  y  $\sim 3625\text{ cm}^{-1}$ , más visibles en Figura 3b y 3d, estarían asociadas a la tensión del enlace Al-OH y son bandas consideradas características para el caolín. Esta interpretación sería coherente con la banda a  $913\text{ cm}^{-1}$  (más visibles en Figura 3b y 3d) asociada a vibraciones bending de hidroxilos internos (Al-OH) de la caolinita. En este caso, entonces, las bandas observadas a  $\sim 1009\text{ cm}^{-1}$  corresponderían a la vibración del enlace Si-O-Al de la caolinita, mientras que la banda a  $\sim 1030\text{ cm}^{-1}$  sería la vibración  $\nu_{\text{asim}}$  del enlace Si-O-Si (Torres et al., 2011). Adicionalmente, las bandas ca.  $\sim 1080$ ,  $\sim 770$  y  $\sim 468\text{ cm}^{-1}$  (más visibles en Figura 3b y 3d) pueden corresponder a los modos vibracionales respectivos de estiramiento, flexión y balanceo de los enlaces Si-O de la caolinita, mientras que las bandas a  $\sim 535\text{ cm}^{-1}$  corresponden con modos de vibración del enlace Al-O-Si (Torres et al., 2011; Mejías et al., 2012).

Entonces, la presencia de caolinita trae consigo un problema importante: discernir si las bandas informadas alrededor de  $\sim 530\text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 460\text{ cm}^{-1}$  son realmente las bandas principales de la

hematita, o pertenecen al grupo de señales más bien secundarias y características de la caolinita. El criterio empírico de resolución se basa en la consideración de que el conjunto de bandas infrarrojas de la hematita (incluyendo el hombro a  $\sim 648 \text{ cm}^{-1}$ ) son bandas fuertes e independientes de las señales secundarias en todas las muestras; inclusive en aquellas con caolinita, siendo incluso mayores que las importantes bandas ca.  $1000 \text{ cm}^{-1}$  (Figura 3b). Luego, el pigmento 2775 muestra marcadas señales inespecíficas de un aluminosilicato distinto del caolín (Figura 3a), mientras que el ocre 2776 es rico en caolinita (Figura 3b). Por su parte, la muestra 2785 del sitio San Salvador (Figura 3c) muestra señales inespecíficas de aluminosilicatos más semejantes a 2776, aunque sin bandas de caolinita. Finalmente, el registro espectral IR de la muestra de control sin referencia (Figura 3d) es muy semejante al ocre 2776 de Topater-1 rico en caolín, pudiendo tener un mismo origen. Así, estas diferencias entre los ocres tienen una interfase arcillosa distinta, lo que podría relacionarse con distintas fuentes de aprovisionamiento.

A este respecto, la profundización del contenido arcilloso se podría realizar, entre otras, con las técnicas instrumentales de DRX o  $\mu$ DRX (Pollard y Heron, 1996; Goffer, 2007; Nord y Billström, 2018), emprendiendo estudios de largo aliento para agrupar los ocres de acuerdo con el tipo de arcillas, entre otros. Esto permitiría ampliar los contextos de identificación para ocres como la muestra sin referencia que estudiamos. En paralelo, estos elementos son importantes, pues evidencian la relación de las materias primas con un medio ambiente dado. Por ello, otra posibilidad de abordar las fuentes de aprovisionamiento de estos ocres es estudiar la proveniencia de los óxidos de hierro. Al respecto, las fuentes de hierro en el norte de Chile se distribuyen en la cordillera de la Costa, donde las menas de hierro con importancia industrial se encuentran cerca de la ciudad de Copiapó y Coquimbo (Alva, 2003; Vivallo, 2009; Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, 2011, 2016, 2019). Mientras que el área geológica correspondiente al oasis de Calama presenta una capa del Eoceno-Oligoceno con secuencias sedimentarias continentales aluviales y fluviales, conformada por conglomerados, areniscas y limolitas con intercalaciones menores de yeso, tobas y lavas (SERNAGEOMIN, 2003; May et al., 2005). En áreas inmediatas como Quinchamale ca. 80 al norte de Calama, hay una capa del Jurásico-Neocomiano con secuencias sedimentarias marinas carbonatadas y clásticas, compuestas de calizas, lutitas, areniscas calcáreas, para-conglomerados, niveles de yeso e intercalaciones volcánicas subordinadas (SERNAGEOMIN, 2003; Heuser y Campos, 2015). Estas áreas geológicas sobre las que se emplaza el oasis de Calama están circunscritas y rodeadas por una capa del Mioceno Superior-Plioceno con secuencias sedimentarias lacustres, en parte fluviales y aluviales, compuestas de limos, arenas, conglomerados, calizas y cenizas volcánicas (SERNAGEOMIN, 2003). Hacia el noreste, hay también una capa del Eoceno-Oligoceno (42-31 Ma) con pórfidos granodioríticos, monzoníticos, dioríticos, dacíticos y riolíticos de biotita y hornblenda (SERNAGEOMIN, 2003; May et al., 2005). Esta conformación geológica del área de Calama y sus alrededores no muestra yacimientos importantes de hierro, siendo el Laco, ubicado ca. 257 km al sureste de la ciudad de Calama, en el sector sur del salar de Atacama, el principal yacimiento de hierro de interés industrial (Alva, 2003; Vivallo, 2009; SERNAGEOMIN, 2011, 2016a, 2016b, 2019). Por el contrario, en la costa a 15 km al norte de Taltal, se ha reportado el sitio San Ramón 15 que se constituye como el sitio de minería de hematita más temprano del continente (Salazar et al., 2011).

Así, las principales fuentes de óxidos de hierro de la región son lejanas al área inmediata de Calama, lo cual plantea la posibilidad de que los ocres estudiados pudiesen ser foráneos. Por ello, se ha señalado que las evidencias generales del cementerio Topater-1 y del sitio arqueológico de San Salvador suponen una posición estratégica e intermedia en las rutas caravaneras que provenían del oriente y occidente de dichas localidades (Spahni, 1964; Serracino, 1984; Thomas et

al., 1994; Núñez, 2004; Labarca y Gallardo, 2012; Torres-Rouff et al., 2012; McRostie et al., 2019). Ciertamente, dichas redes de intercambio pudieron proveer ocre foráneo y diversos.

Esta discusión preliminar sobre las fuentes de hierro disponibles muestra que en el caso del área de Calama el origen geológico diferenciado de los ocre de hematita es posible de establecer, pudiendo correlacionarse con las diferencias en la interfase arcillosa de los ocre estudiados. Un estudio del contenido isotópico de hierro en los ocre de hematita podría establecer diferencias empíricas más claras sobre el origen de estas tierras naturales coloreadas (Goffer, 2007; Nord y Billström, 2018). Al respecto, estudios isotópicos en hematita hallada en el área de Nasca sugieren que allí se seleccionaron solo ciertas fuentes de hematita locales de las disponibles, privilegiando acaso ciertos tonos, variedades y/o fuentes (Eerkens et al., 2014). Como sea, estas variables arqueométricas dan cuenta de la relación del individuo y su medio ambiente, operando a través de las tierras naturales coloreadas y su expresión cromática. La existencia de otro tipo de pigmentos en el área del oasis Calama, algunos más escasos como el oropimente (Ogalde et al., 2014), muestra la diversidad y potencialidad del estudio arqueométrico de dicha relación, presente en el uso prehispánico de pigmentos.

Finalmente, las bandas relativas a la materia orgánica como  $\sim 2920\text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 2850\text{ cm}^{-1}$ , entre otras, podrían estar relacionadas con el tratamiento tecnológico propio de los pigmentos, ya que se observa que la materia orgánica no es propia de un mineral tipo ocre (Harben y Kužvart, 1996; Goffer, 2007). Al respecto, en el norte de Chile se ha reconocido tempranamente el uso de morteros y manos para el pulverizado de pigmentos rojos, entre otros, incluyendo sitios arcaicos del área de Taltal y la tradición costera Chinchorro en el extremo norte del país (Sepúlveda et al., 2013, 2015; Castelleti et al., 2015; Salazar et al., 2015; Arriaza y Standen, 2016, entre otros). Luego, el contenido dispar de materia orgánica presente en los cromóforos estudiados podría ser coherente con el uso de aglomerantes para mantener cohesionado el material triturado. Esto es consistente con el aspecto compacto y amoldado que presentan los materiales pulverizados estudiados (Figura 2). Este tipo de tratamiento tecnológico habría facilitado su uso y transporte en el pasado (Attard, 2010), y puede ser profundizado instrumentalmente para explorar el tipo de aglomerantes usados, en especial en aquellas muestras que exhiben alto y complejo contenido de materia orgánica como la muestra 2785. La separación e identificación de materia orgánica se podría analizar con técnicas instrumentales como resonancia nuclear magnética de hidrógeno (H-RNM) y/o cromatografía de gases con espectrometría de masas (Pollard y Heron, 1996; Goffer, 2007). Así, mediante estas vías arqueométricas es posible ahondar en estas prácticas tecnológicas relativas a la obtención, pulverización y aglomeración de los ocre de hematita, aprehendiendo los diferentes materiales que entran en la cadena tecnológica de estas materias primas; discutiendo, entonces, la relación de estas prácticas tecnológicas y sus materiales con un medio ambiente dado.

En suma, este análisis arqueométrico del uso de los ocre en la antigüedad es posible de constatar y proyectar a partir de la espectroscopía vibracional Raman e Infrarroja, con miras a: i) dar fundamento estadístico a estas nociones preliminares; ii) tomar decisiones analítico-instrumentales de orden mayor y, iii) una reflexión factual sobre el manejo y la circulación local de la hematita y las prácticas asociadas. En el caso de Calama, este tipo de acercamiento empírico instrumental al material es aún más importante, pues muchos de los hallazgos arqueológicos del área cuentan con pobres registros de la actividad de excavación al haber sido objeto de saqueo sistemático (Serracino, 1984; Thomas, et al., 1994; Hermosilla y Barrera, 2010; Torres-Rouff et al., 2012; McRostie et al., 2019).

## Comentarios finales

Las prácticas fúnebres contingentes del depósito de estos ocre de hematita en valvas de *Concholepas concholepas* otorga profundidad y riqueza cultural al tema. Al respecto, la intervención del cementerio Topater-1 (Serracino, 1984; Thomas et al., 1994) reportó 71 elementos malacológicos, de los cuales 52 eran *Concholepas concholepas* (no se especifica el número de valvas con pigmentos), 7 *Chlamis purpurata*, 11 *Strombus* y un caracol marino. Lo cual sugiere una relativa importancia de la valva de *Concholepas concholepas* en las prácticas fúnebres del Formativo Medio del área de Calama. Por su parte, la base de datos del Depósito Arqueológico de la CCTC registra un total de 27 materiales malacológicos, de los cuales 25 unidades son de Topater-1, un caso de San Salvador y un caso sin referencia (un número claramente menor que las menciones originales de Thomas y cols., 1994). Del total del material malacológico de Topater-1, se informan 13 valvas de *Concholepas concholepas*, de las cuales seis casos contienen ocre rojo más otra que es colgante o pendiente de este molusco con pigmentos rojos (Base de Datos CCTC). En este sentido, se observa la importancia en Topater-1 de las ofrendas fúnebres que incluían, entre otros, el depósito de ocre en valvas de *Concholepas concholepas*, donde “[a]lgunas de ellas se encuentran envueltas en cuero y contienen en su interior polvo. Se ubican entre las manos de los individuos. Otras han sido formadas con fajas o cintas de lana con diseños en blanco, negro y rojo” (Thomas et al., 1994, p. 163, Figura 5).



**Figura 5.** Valvas de *Concholepas concholepas* con pigmentos envueltas en cuero y/o textil.

Las valvas a) 525, b) 541 y c) 2779 contienen pigmentos rojos, mientras que d) 2774 podría contener pigmentos blancos, al igual que e) 2777. El ejemplar 585 (f) muestra la estrecha relación del textil con la ofrenda de valvas de *Concholepas concholepas*.

Luego, las ofrendas fúnebres de pigmentos, y en especial hematita, en valvas de *Concholepas concholepas* han sido observadas en los sitios Topater-1 y San Salvador, asociándose al Período Formativo Medio regional (500 AC-100 DC). Sin embargo, esta práctica funeraria también se encuentra en períodos anteriores del oasis de Calama, como sugieren las evidencias del

cementerio Chorrillos del Formativo Temprano (ca. 1500 AC-400 DC). Ubicado 1,5 km al NE de Topater, entre las ofrendas fúnebres se han hallado valvas de *Concholepas concholepas* con contenidos de ocre y oropimente (Ogalde et al., 2014, 2015). Los hallazgos del sitio Peuco III-C-2 son otras posibles evidencias de la presencia de estas prácticas en el área (González y Westfall, 2010; Hermosilla y Barrera, 2010). Más aún, esta práctica de ofrendar ocre de hematita en *Concholepas concholepas* ha sido reportada en contextos mortuorios y ceremoniales en todo el norte de Chile. Ejemplo de ello (ver Figura 1 mapa de la izquierda), son los hallazgos en Tulan 54 en el Salar de Atacama, en San Ramón 15 y el Alero 224A en las cercanías de Taltal, y en los sitios costeros de Bajo Molle, Patillos y el Vertedero Municipal de Antofagasta; también en Tarapacá 40, Chusmiza 1, Caserones 1 y Camiña 1 del complejo Pica-Tarapacá, y otros como Camarones 17 y Colón 10, asociados estos últimos a la tradición costera Chinchorro. Tales prácticas persisten hasta períodos tardíos en sitios como Camarones 9 y Playa Miller 6 (Muñoz et al., 1993; Soto, 2009, 2015; Valenzuela, 2010; Salazar et al., 2011, 2015; Soto y Power, 2013; Sepúlveda et al., 2014; Carrasco et al., 2015; Castelleti et al., 2015; Arriaza y Standen, 2016; Núñez et al., 2017, entre otros).

Las valvas de moluscos diferentes (ostiones y lapas) y/o de tierra adentro se han usado también en este tipo de ritual, como lo sugiere el hallazgo de caracoles *Megalobulimus lorentzianus* (*Strophocheilus oblongus*), *Choromytilus chorus* y *Chlamis* sp. en contextos funerarios formativos del área (Tellez, 1997; Soto, 2009, 2015; Soto et al., 2018, entre otros). La circulación de estos elementos malacológicos en la región durante el Período Formativo muestra significativos niveles simbólicos, asociados quizás a las rutas caravaneras (Soto y Power, 2013; Soto et al., 2018; Soto, 2015, 2019; Soto y Pimentel, 2020).

Luego, esta conjunción semántica entre valvas de moluscos y ocre de hematita, entre otros pigmentos y especies acuáticas, se refiere a aspectos simbólicos importantes y de gran antigüedad para el registro y/o las prácticas fúnebres de la región. Este escenario es interesante y prometedor, pues ciertamente los ritos funerarios y el tratamiento de los muertos conllevan el uso de la cultura material en espacios de reflexión trascendental –como el pensamiento escatológico– con prácticas no cotidianas, pero sistemáticas y llenas de simbolismo, que sirven para la materialización artefactual de las identidades sociales (Kroeber, 1927; Ucko, 1969; Hodder, 2000; Joyce, 2001; Rakita, 2005; Ingold, 2007, 2010; Meskell 2007, 2012; Dobres, 2010, entre otros). Así, el origen geoquímico, el carácter local o foráneo de los pigmentos, los aspectos medioambientales y/o los procesos tecnológicos de los ocre de hematita supondrían elementos materiales con contenido simbólico y ontológico que, en la lógica de los ritos fúnebres, participarían del complejo proceso de la conformación de identidades sociales para un determinado grupo humano.

## Agradecimientos

Agradecemos al equipo del Depósito Arqueológico de Calama, al Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama y a Jannice Rojas de la CCTC, por su atenta y continua colaboración; especialmente a su director don Osvaldo Rojas por la valiosa información, bibliografía y fotografías que ha cedido para esta publicación con insuperable disposición. Asimismo, extendemos nuestros agradecimientos a los pares revisores de este artículo. Nelson Lara agradece al proyecto UTA-Mayor 4752-19. Finalmente, nuestro reconocimiento al proyecto FONDECYT 1130261.

## Referencias citadas

- Alva, L. (2003). Expedición a la Cordillera de los Andes: Consideraciones sobre el hierro y estudio del yacimiento ferrífero El Lauco, Chile. *Cuadernos del Instituto de Geofísica*. Universidad Mayor de México UNAM, México.
- Arriaza, B., Cornejo, L., Lienqueo, H., Standen, V., Santoro, C., Guerra, N., Van Hoesen, J. y Santos, M. (2012). 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). *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 44(1), 177-194.
- Arriaza, B. y Standen, V. (Ed.). (2016). *La cultura Chinchorro: pasado y presente*. Arica: Ediciones Universidad de Tarapacá.
- Attard, N. (2010). *The characterization and provenance of ancient ochres*. Tesis doctoral. Cranfield University, UK.
- Ávila, F. (2011). Arqueología policroma. El uso y la elección del color en expresiones plásticas. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 16(2), 89-99.
- Barron, V., Rendon, J. L., Torrent, J. y Serna, J. (1984). Relation of infrared, crystallochemical, and morphological properties of Al-substituted hematites. *Clays and Clay Minerals*, 32(6), 475-479.
- Broncano, F. (2008). "In media res": cultura material y artefactos. *ArtefaCToS*, 1(1), 18-32.
- Brooks, W. E., Piminchumo, V., Suárez, H., Jackson, J. C. y McGeehin, J. P. (2008). Mineral pigments at Huaca Tacaynamo (Chan Chan, Peru). *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 37(3), 441-450.
- Carrasco, C., Echeverría, J., Ballester, B. y Niemeyer, H. M. (2015). De pipas y sustancias: costumbres fumatorias durante el Periodo Formativo en el litoral del Desierto de Atacama (norte de Chile). *Latin American Antiquity*, 26(02), 143-161. doi:10.7183/1045-6635.26.2.143
- Castelleti, J., Goguitchaichvili, A., Solís, C., Rodríguez Ceja, M. y Morales, J. (2015). Evidencia de tempranas manifestaciones rupestres en la costa del desierto de Atacama (25°S). *Arqueología Iberoamericana*, 28, 16-21.
- Cortell, A. (2016). Ocre, hematites y óxido de hierro: el problema terminológico, *Espacio, Tiempo y Forma serie I · Prehistoria y Arqueología*, 9, 13-42.
- Dant, T. (2005). *Materiality and Society*. Open University Press.
- Djomgoue, P. y Njopwono, D. (2013). FT-IR spectroscopy applied for Surface clays characterization. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 3(4), 275-282. doi:10.4236/jsemat.2013.34037
- Dobres, M., (2010). Archaeologies of technology. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 103-114.
- Eerkens, J. W., Barford, G. H., Vaughn, K. J., Williams, P. R. y Leshner, C. E. (2014). Iron isotope analysis of red and black pigments on pottery in Nasca, Peru. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6, 241-254. doi:10.1007/s12520-013-0151-6
- Eerkens, J. W., Vaughn, K., Linares, M. (2009). Pre-Inca mining in the Southern Nasca Region, Peru. *Antiquity*, 83, 738-750. doi:10.1017/S0003598X00098951

- Falabella, F., Uribe, M., Sanhueza, M., Aldunate, C. y Hidalgo, J. (Eds.). (2016). *Prehistoria de Chile. Desde sus primeros habitantes hasta los Incas*. Primera edición, Santiago: Editorial Universitaria.
- Gallardo F. (2009). Social interaction and rock art styles in the Atacama Desert (Northern Chile). *Antiquity*, 83, 619-633.
- García, M. (2010). *Cosmovisión inca: nuevos enfoques y viejos problemas*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- Goffer Z, (2007). *Archaeological Chemistry*. Wiley - Interscience, USA.
- González, C. y Westfall, C. (2010). Cementerio Regimiento Chorrillos de Calama: testimonios funerarios en el Loa Medio, Región de Antofagasta. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, 1, 95-105. Valdivia: Ediciones Kultrun.
- Goodwin, C. (1997). The blackness of Black: Color Categories as Situated Practice. En Resnick, L., Säljö, R., Pontecorvo, C. y Burge, B. (Eds.). *Discourse, Tools and Reasoning: Essays on Situated Cognition* (pp. 111-140). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Harben, P. W. y Kužvart, M. (1996). *Industrial minerals. A global geology: London, UK*. London: Industrial Minerals Information Ltd.
- Hermosilla, N. y Barrera, M. (2010). Calama, antiguos habitantes del oasis. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, 1, 107-117. Valdivia: Ediciones Kultrun.
- Heuser, G. y Campos, E. (2015). Geología y Geoquímica de Exploración del Sector Quinchamale, Región de Antofagasta, Chile. *XIV Congreso Geológico Chileno*. Colegios de Geólogos, Sociedad de Geología de Chile. La Serena.
- Hicks, D. (2010). The material-cultural turn: event and effect. En Hicks, D. y Beaudry, M. C. *The Oxford Handbook of Material Culture Studies*. Oxford (pp. 25-98). Oxford University Press.
- Hinks, M. (2016). *Fifty Shades of Red: The Connection of Red Material to the Elite and Supernatural in Pre-Columbian Peru*. Tesis de Magíster. The University of York, York, UK.
- Hodder, I. (2000). Agency and individuals in long-term processes. En Dobres, M. y J. Robb, J. (Eds.). *Agency in Archaeology* (pp. 21-33). Londres: Routledge
- Ingold, T. (2007). Materials against materiality. *Archaeological Dialogues*, 14, 1-16.
- Ingold, T. (2010). Bringing Things to Life: Creative Entanglements in a World of Materials. *Realities Working Papers*, 15, 1-14.
- Joyce, R. A. (2001). Burying the dead at Tlatilco: Social memory and social identities. En Chesson, M. S. (Ed.). *Social Memory, Identity and Death: Anthropological Perspectives on Mortuary Rituals* (pp. 12-26). (10ª ed.). Arlington, VA: AAA Archeological Papers America Anthropological Association.
- King, T. (2005). Human Color Perception, Cognition, and Culture: Why "Red" is Always Red. *The Society for Imaging Science and Technology (IS&T)*, 20(1), 1-7.
- Kroeber, A. L. (1927). Disposal of the Dead. *American Anthropologist*, 29(3), 308-315.
- Labarca, R. y Gallardo, F. (2015). The Domestic Camelids (Cetartiodactyla: Camelidae) from the Middle



- Formative Cemetery of Topater 1 (Atacama Desert, Northern Chile): Osteometric and Palaeopathological Evidence of Cargo Animals. *International Journal of Osteoarchaeology*, 25(1), 61-73.
- López, M., De la Fuente, G. y Fiore, D. (2012). Arqueometría del arte: estudios fisicoquímicos de pigmentos arqueológicos. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 17(2), 75-81.
- López, P., Rojas, O., Loyola, R., Cartajena, I., Aqueveque, V. y Martínez, I. (2018). *El pleistoceno de la Cuenca de Calama, evidencias paleontológicas y arqueológicas*. Monografías del Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama. Santiago: Gráfica LOM.
- May, G., Hartley, A., Chong, G., Stuart, F., Turner, P. y Kape, S. (2005). Eocene to Pleistocene lithostratigraphy, chronostratigraphy and tectono-sedimentary evolution of the Calama Basin, northern Chile. *Revista de Geología de Chile*, 32(1), 33-58.
- McRostie, V., Gallardo, F., Vidal, A. y Croxatto, S. (2019). Evidencias arqueobotánicas tempranas en el Oasis de Calama, el cementerio Topater 1 (Formativo medio, 500 AC - 100 DC, Desierto de Atacama, norte de Chile). *Darwiniana, nueva serie*, 7(1), 16-38. doi:10.14522/darwiniana.2019.71.824
- Mejías, J., Bolaños, J. y Rodríguez, J. (2012). Uso de la espectroscopia IR para estudiar la transformación térmica que experimenta una arcilla caolinítica. *Revista EIA*, 18, 91-103.
- Meskel, L. (2007). *Archaeologies of identity*. En Insoll, T. (Ed.). *The Archaeology of Identities: a reader* (pp. 23-42). Nueva York, NY: Routledge.
- Meskel, L. (2012). *Archaeologies of identity*. En Hodder, I. (Ed.). *Archaeological Theory Today* (pp. 187-213). Polity Press.
- Muñoz, I., Arriaza, B. y Aufderheide, A. (1993). El poblamiento Chinchorro: nuevos indicadores bioantropológicos y discusión en torno a su organización social. En Muñoz, I., Arriaza, B. y Aufderheide, A. (Eds.). *Acha-2 y los orígenes del poblamiento humano en Arica* (pp. 107-132). Arica: Ediciones Universidad de Tarapacá.
- Nord, A. y Billström, K. (2018). Isotopes in cultural heritage: present and future possibilities, *Herit Sci* 6:25. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0192-3>.
- Núñez, L. (1976). Registro regional de fechas radiocarbónicas del norte de Chile. *Estudios Atacameños*, 4, 69-111.
- Núñez, L. (2004). *Antecedentes arqueológicos. Anexo 2*. Declaración de Impacto Ambiental proyecto Estudio Plan Seccional Topater, Comuna de Calama. Disponible en <http://www.sea.gob.cl/>
- Núñez, L., Cartajena, I., Carrasco, C., López, P., De Souza, P., Rivera, F. y Santander, B. (2017). Presencia de un centro ceremonial formativo en la Circumpuna de Atacama. *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 49(1), 3-33.
- Ogalde, J. P., Arriaza, B., Paipa, C., Leyton, P., Campos-Valette, M., Lara, N., Salas, C. y Tapia, P. (2015). Multi-instrumental characterization of two archaeological red pigments from funerary contexts in northern Chile. *Interiencia*, 40(12), 875-880.
- Ogalde, J. P., Korpisaari, A., Riera-Soto, C., Arriaza, B., Paipa, C., Leyton, P., Campos-Valette, M., Lara, N. y Chacama, J. (2020). Archaeometric analysis of ceramic production in the Tiwanaku State (ca. 500-1000 A.D.): an exploratory study. *Archaeometry*. <https://doi.org/10.1111/arcm.12597>.

- Ogalde, J. P., Salas, C., Lara, N., Leyton, P., Paipa, C., Campos-Valette, M. y Arriaza, B. (2014). Multi-instrumental identification of orpiment in archaeological mortuary contexts. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 59(3), 2248-2250.
- Parente, D. (2016). Los artefactos en cuanto posibilitadores de acción. Problemas en torno a la noción de agencia material en el debate contemporáneo. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 16(33), 139-168.
- Petersen, G. (2010). Mining and metallurgy in ancient Perú. *Special Paper 467*, Boulder, USA: Geological Society of America.
- Pollard, M. y Heron, C. (1996). *Archaeological chemistry*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, UK.
- Rakita, G. F. M. (2005). Introduction. En Rakita, G. F. M. (Ed.). *Interacting with the dead: perspectives on mortuary archaeology for the new millennium*. Gainesville, FL: University of Florida Press.
- Rendon, J. L. y Serna, C. J. (1981). IR spectra of powder hematite: effects of particle size and shape. *Clay Miner*, 16, 375-384.
- Romero-Gómez, P., González, J. C., Bustamante, A., Ruiz-Conde, A. y Sánchez-Soto, P. J. (2013). Estudio *in-situ* de la transformación térmica de limonita utilizada como pigmento procedente de Perú. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(3), 127-131.
- Salazar, D., Castro, V., Michelow, J., Salinas, H., Figueroa, V. y Mille, B. (2010). Minería y metalurgia en la costa arcaica de la Región de Antofagasta, Norte de Chile. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 15(1), 9-23.
- Salazar, D., Figueroa, V., Andrade, P., Salinas, H., Olguín, L., Power, X., Rebolledo, S., Parra, S., Orellana, H. y Urrea, J. (2015). Cronología y organización económica de las poblaciones arcaicas de la costa de Taltal. *Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandinas*, 50, 7-46
- Salazar, D., Jackson, D., Guendon, J. L., Salinas, H., Morata, D., Figueroa, V., Manríquez, G. y Castro, V. (2011). Early evidence (ca. 12000 BP) for iron oxide mining on the Pacific coast of South America. *Current Anthropology*, 52, 463-475.
- Sellet, F. (1993). Chaîne opératoire: the concept and its applications. *Lithic Technology* 18(1/2), 106-112
- Sepúlveda, M., Gutiérrez, S., Campos-Valette, M., Standen, V., Arriaza, B. y Carcamo-Vega, J. (2015). Micro-Raman spectral identification of manganese oxides black pigments in an archaeological context in Northern Chile. *Heritage Science*, 3, 32. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0061-2>
- Sepúlveda, M., Laval, E., Cornejo, L. y Acarapi, J. (2012). Elemental characterization of pre-hispanic rock art and arsenic in northern Chile. *Rock Art Research*, 29(1), 93-107.
- Sepúlveda, M., Rousselière, H., Van Elslande, E., Arriaza, B., Standen, V., Santoro, C. y Walter, P. (2014). Study of color pigments associated to archaic Chinchorro mummies and grave goods in Northern Chile (7000-3500 B.P.). *Heritage Science*, 2(7), 1-12.
- Sepúlveda, M., Valenzuela, D., Cornejo, L., Linqueo, H. y Rousselière, H. (2013). Óxidos de manganeso en el extremo norte de Chile: abastecimiento, producción y movilidad del color negro durante el período Arcaico. *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 45(1), 143-159.

- SERNAGEOMIN (2003). *Mapa Geológico de Chile: Versión Digital*. Publicación Geológica Digital N° 4. Gobierno de Chile.
- SERNAGEOMIN (2011). *Atlas de Faenas Mineras. Regiones de Antofagasta y Atacama (Versión Actualizada)*. Mapas y Estadísticas de Faenas Mineras de Chile N° 7. Gobierno de Chile.
- SERNAGEOMIN (2016). *Andes Centrales: blancos clave para la exploración minera*. DEPP 05. Comisión Chilena del Cobre. Gobierno de Chile.
- SERNAGEOMIN (2019). *Anuario de la Minería de Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Gobierno de Chile.
- Serracino, G. (1984). Topater: colonia Tiwanaku en Calama. *Serie Monumentos Arqueológicos*, 040/384. Calama.
- Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN (2003). *Anuario de la Minería en Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Gobierno de Chile.
- Sicardi, A. (2010). Supresión de fluorescencia en espectroscopia Raman de piezas arqueológicas mediante SSRS y SERDS. Tesis de Magíster. Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) A. C. León, Mexico.
- Solá, P., Yacobaccio, H., Rosenbusch, M., Alonso, M., Maier, M., Vázquez, C. y Catá, M. (2013). Hematita vs. arcillas: su potencial como pigmentos rojos y su uso en tres sitios de la puna jujeña (Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 18(1), 67-83.
- Soto, C. (2009). Desde el mar y la selva. *Usos simbólicos de los restos malacológicos en la fase Tilocalar, quebrada Tulan (3500-2500 AP)*. Memoria de pregrado. Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Antropología, Universidad de Chile.
- Soto, C. (2015). Distribución y significado de los restos malacológicos en la fase Tilocalar (3130-2380 AP), quebrada Tulan (Salar de Atacama, Norte de Chile). *Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandinas*, 51, 53-75.
- Soto, C. (2019). “Objetos perforados”, asociaciones simbólicas y redes de circulación: reflexiones sobre las formas de intercambio en el periodo formativo (1500 aC-500 dC) del Desierto de Atacama, Norte de Chile. *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 51(4), 573-593.
- Soto, C. y Pimentel, G. (2020). Ch'allando cuentas para un buen viaje: Los objetos perforados prehispánicos en senderos del desierto de Atacama, Chile. *Praxis Arqueológica*, 1(1), 76-97.
- Soto, C. y Power, X. (2013). *Argopecten purpuratus* en el contexto de la arqueomalacología de Taltal. *Taltalia, Revista del Museo Augusto Capdeville Rojas de Taltal*, (5-6), 21-35.
- Soto, C., Power, X. y Ballester, B. (2018). Circulación de objetos perforados de concha: Aportes para la interpretación de su rol en las relaciones sociales del desierto de Atacama entre los 6000-3500 AP., *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 23(1), 51-69. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942018005000303>
- Spahni, J. (1964). Momie Atacamienne mutilée du Rio San Salvador (Chili). *Bulletin de la Société Suisse des Américanistes*, 28, 9-12.
- Tellez, F. (1997). *Sthropocheilus oblongus* Müll: Restos de fauna malacológica tropical en contextos funerarios de San Pedro de Atacama; Norte de Chile (Informe Preliminar). *Estudios Atacameños*, 14, 95-120.

- Thomas, C., Benavente, A., Cartagena, I. y Serracino G. (1994). Topater, un cementerio temprano: una aproximación simbólica. *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, Tomo I, 159-170. Universidad de Antofagasta.
- Torres, J., De Gutiérrez, R. M., Castelló, R. y Vizcayno, C. (2011). Análisis comparativo de caolines de diferentes fuentes para la producción de matacaolín. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 31(1), 35-43.
- Torres-Rouff, C., Pestle, W. J. y Gallardo, F. (2012). Eating Fish in the Driest Desert in the World: Osteological and Biogeochemical Analyses of Human Skeletal Remains from the San Salvador Cemetery, North Chile. *Latin American Antiquity*, 23(1), 51-69. doi:10.7183/1045-6635.23.1.51.
- Ucko, P. J. (1969). Ethnography and Archaeological Interpretation of Funerary Remains. *World Archaeology*, 1(2), 262-280.
- Valenzuela, J. (2010). *El material malacológico y el complejo cultural Pica-Tarapacá: uso social y simbolismo de las conchas en la prehistoria tardía del norte de Chile (fase Camiña 1.200 – 1.450 d.C.)*. Memoria de pregrado. Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Antropología, Universidad de Chile.
- Vaughn, K. J., Conlee, C., Neff, H. y Schreiber, K. (2005). A compositional analysis of Nasca pigments: implications for craft production on the pre-Hispanic south coast of Peru. En Speakman, R. J. y Neff, H. (Eds.). *Laser ablation ICP-MS: a new frontier in archaeological characterization studies* (pp. 138-154). Albuquerque, NM: University of New Mexico Press.
- Vaughn, K. J., Eerkens, J. W., Linares, M. y Edwards, M. J. (2007). Hematite mining in the ancient Americas: Mina Primavera, a 2,000 year old Peruvian mine. *JOM*, 59, 16-20. doi:10.1007/s11837-007-0145-x
- Vaughn, K. J., Van Gijsegem, H., Linares, M. y Eerkens, J. W. (2013). Minería de hematita en la costa sur del Perú: investigaciones arqueológicas en Mina Primavera. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 45, 131-142.
- Vempati, R. K., Loeppert, R. H., Sittertz-Bhatkar, H. y Burghardt, R. C. (1990). Infrared vibrations of hematite formed from aqueous-and dry-thermal incubation of Si-containing ferrihydrite. *Clays and Clay Minerals*, 38(3), 294-298.
- Vivallo, W. (2009). Yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro en Chile. *XII Congreso Geológico Chileno*. Universidad de Chile, Santiago.
- Wein, D., Chen, S. y Liu, Q. (2015). Review of Fluorescence Suppression Techniques in Raman Spectroscopy. *Applied Spectroscopy Reviews*, 50(5), 387-406