

PRIMEROS ANÁLISIS DE PINTURAS RUPESTRES POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X *IN SITU* EN PATAGONIA ARGENTINA

FIRST PORTABLE X RAY FLUORESCENCE ANALYSIS OF ROCK ART IN PATAGONIA ARGENTINA

Gabriela I. Massafarro<sup>1</sup>, Verónica Schuster<sup>2</sup>, Alberto E. Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Departamento de Geología. IPGP- CONICET. Bvd. Brown 3915, Puerto Madryn, Chubut, Argentina. Email: [gim@cenpat-conicet.gob.ar](mailto:gim@cenpat-conicet.gob.ar)

<sup>2</sup>Instituto de Diversidad y Evolución Austral- CONICET. Bvd. Brown 3915. Puerto Madryn, Chubut, Argentina. Email: [schuster@cenpat-conicet.gob.ar](mailto:schuster@cenpat-conicet.gob.ar)

<sup>3</sup>Departamento de Antropología. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. Email: [aperea@uct.cl](mailto:aperea@uct.cl)

**Palabras claves**

**Resumen**

arte rupestre  
fluorescencia de  
rayos X  
pigmentos  
río Chubut  
cazadores recolectores

*En este trabajo se presentan por primera vez en Patagonia argentina, los estudios realizados in situ con un equipo portátil de fluorescencia de rayos X para identificar la composición pigmentaria de pinturas rupestres. Se estudiaron cinco sitios arqueológicos con manifestaciones rupestres de la localidad Las Chapas (Chubut) que se caracterizan por representar motivos geométricos y abstractos habitualmente monocromáticos. Las pinturas se presentan en ocasiones muy desvaídas y/o con un espesor muy delgado, motivo por el cual, no han podido ser implementados otros análisis a la fecha. Los resultados obtenidos son orientativos y requieren de técnicas complementarias, no obstante, en las pinturas rojas y amarillas bien conservadas se destaca la participación de minerales de Fe como materia pigmentaria que fueron interpretados como hematita e hidróxidos de hierro respectivamente. En la elaboración del color blanco se presume la utilización de yeso debido a la presencia de S y Ca en las lecturas. Complementariamente se dan a conocer potenciales fuentes primarias de materias primas pigmentarias de color negro y amarillo.*

**Key words**

**Abstract**

rock art  
x-ray fluorescence  
pigments  
Chubut river  
hunter-gatherers

*The first results of portable in situ XRF analysis performed in rock art in the Argentinean Patagonia, with the aim of determine the pigments of the paintings, are presented in this work. Five archaeological sites with rock art in Las Chapas, Chubut, were studied. The paintings are characterized by red monochrome geometric and abstract motifs. As the paintings are very deteriorated or in very thin layers no other technique could be applied to study them before. The results are only indicative and they require additional techniques to determine mineral pigments, however in the well preserved red and yellow paintings, the color is attributed to the presence of minerals with Fe, like hematite or limonite respectively. Additionally, potentially primary sources of black and yellow pigments are given to know for the first time.*

Presentado 29/07/2021; Recibido con correcciones 09/12/2021; Aceptado: 16/12/2021

COMECHINGONIA. Revista de Arqueología. Vol. 26, n° 2. Massafarro et al. 151-171

ISSN 0326-791/E-ISSN 2250-7728

## Introducción

El uso de instrumentos analíticos portátiles proporcionó un adelanto significativo en el campo de los estudios arqueométricos debido a que, al no ser destructivos, permiten la conservación del patrimonio cultural además de brindar la posibilidad de llegar a aquellos objetos de estudio que no son transportables al laboratorio. Se suman a estas ventajas, el bajo costo y la rapidez para practicar los análisis y obtener los resultados.

La espectroscopía de fluorescencia de rayos X (FRX) utiliza rayos X para excitar la materia y en función de la emisión generada, determina su composición química elemental. Esta técnica se ha utilizado en combinación con otras –ej. RAMAN, difracción de rayos X- para la determinación de la composición de pinturas rupestres, cerámicas y obras de arte, entre otros usos (Aldazábal *et al.* 2016; Bedford *et al.* 2018; Borg *et al.* 2020; Camacho Puebla *et al.* 2013; García Eras *et al.* 1999; Rousaki *et al.* 2015). En las últimas décadas se ha implementado en arqueología el uso de los espectrómetros portátiles de FRX para analizar la composición química de obsidianas, pinturas, pigmentos, frisos o frescos de sitios arqueológicos o históricos, etc. (Barone *et al.* 2018; Beck *et al.* 2014; Fraham y Doonan 2013; Juárez-Rodríguez *et al.* 2018; Sepúlveda *et al.* 2015). Existen numerosos antecedentes en Patagonia Argentina que utilizan nuevas metodologías para el análisis de las pinturas rupestres, como por ejemplo SEM-EDX, Raman portátil, FTIR y GC-MS (Boschín *et al.* 2003; Brook *et al.* 2018; Fiore *et al.* 2008; Rousaki *et al.* 2015, 2017; entre otros), sin embargo, en esta contribución, se presentan por primera vez en esta región los resultados del

análisis químico por FRX de pinturas rupestres *in situ*.

Si bien como se mencionara anteriormente, es una técnica que presenta numerosas ventajas, conlleva también algunas desventajas que limitan los alcances de sus resultados (Barone *et al.* 2018; Gigante *et al.* 2005; de Viguerie *et al.* 2009). Por ejemplo, presenta algunos problemas al tratar de interpretar la composición de materiales formados por diferentes capas como es el caso de las pinturas aquí estudiadas, que se apoyan sobre un soporte heterogéneo y que, además, pueden presentar pátinas de origen natural (Gay *et al.* 2016).

La capacidad de penetración de los rayos X en una superficie depende del ángulo de incidencia del haz de rayos. Al operar *in situ* sobre una superficie irregular como lo son las rocas soportes, este ángulo es muy difícil de controlar. Como resultado, las lecturas pueden presentar mucha variación aún en un mismo punto. Sobre todo, en aquellos casos en que la pintura está muy desvaída por su antigüedad o por las condiciones climáticas extremas y/o porque su espesor es muy delgado. Debido a esto, en las lecturas realizadas cabe esperar una contribución proveniente de la roca soporte al espectro propio generado por los pigmentos (Barone *et al.* 2018; Gay *et al.* 2016; Gigante *et al.* 2005), como así también es factible obtener una emisión generada por la pátina natural que pueda tener el motivo y/o la roca. Todo esto implica tener algunos recaudos a la hora de interpretar los resultados obtenidos, además de que es imprescindible hacerlo teniendo en cuenta el contexto geológico y la factibilidad real de la presencia de una u otra especie mineral en ese contexto.

En la localidad de Las Chapas existen sitios con arte rupestre cuyo estado de conservación no permite obtener muestras para estudiar en laboratorio, son pinturas muy decoloradas ya sea por la exposición a los agentes meteóricos, las deficiencias de la preparación original o a la porosidad de la roca soporte tal como mencionan Gurín *et al.* (2021) para la localidad vecina de La Angostura. De modo que la única forma de poder aproximar la composición química de las pinturas es a través del empleo de algún método de medición *in situ*. Por ello, se realizó un convenio con el Departamento de Arqueología de la Universidad de Temuco para acceder al área de estudio con un espectrómetro portátil de Fluorescencia de Rayos X (pFRX) con el objetivo de conocer la composición de las pinturas y así realizar inferencias acerca de las probables áreas de provisión de materias primas (local o regional). A partir de los resultados obtenidos en esta experiencia, brindamos una primera aproximación al problema de la composición química de las pinturas en el área de estudio a la vez que se analizan los alcances y limitaciones del método implementado. Con ello intentamos acercarnos a la problemática arqueológica que guía nuestro trabajo actualmente, específicamente, cómo y con qué tipo de materiales fue elaborado el arte rupestre en la región.

En este artículo presentamos los primeros resultados de composición química de pinturas rupestres en el área del valle medio del río Chubut. En el valle inferior (La Angostura), los primeros resultados en pinturas rupestres han sido expuestos por Gurín *et al.* (2021), mientras que, en el valle superior, área de Piedra Parada, hay antecedentes plasmados en Podestá *et al.*

(2000) y Bellelli *et al.* (2003). En La Angostura, Gurín *et al.* (2021) encontraron que la hematita, tierras verdes (celadonita o glauconita) y óxidos de manganeso (posiblemente pirolusita) constituyen los minerales cromógenos de las pinturas. Gómez Otero *et al.* (1999) consideran que las fuentes de aprovisionamiento de estas materias primas no se encuentran en un rango local, sino que podrían estar ubicadas en el valle medio del río Chubut o en la meseta Central. Podestá *et al.* (2000) y Bellelli *et al.* (2003) determinaron que los tonos rojos están generados por óxidos de hierro y el blanco por yeso. Los motivos verdes de este sector no pudieron ser analizados por ser muy acuosa la pintura, si bien los autores presuponen se puede tratar de tierras verdes. Ellos estiman que la materia prima pigmentaria en el área de Piedra Parada está disponible localmente.

### Área de estudio

El río Chubut –alóctono y de hábito meandriforme- es el único cauce permanente de la región (Panza *et al.* 2002). El ambiente del valle del río habría resultado muy favorable para la subsistencia humana en el pasado, principalmente porque el recurso más crítico en la actual provincia del Chubut –el agua- es permanente, así como los recursos leñosos y vegetales que se encuentran en cantidades y volúmenes importantes y, también, una amplia variedad de fauna terrestre y dulceacuícola. Además, la geología regional aporta refugios en cuevas o aleros y materias primas líticas para la confección de herramientas y preparación de pigmentos.

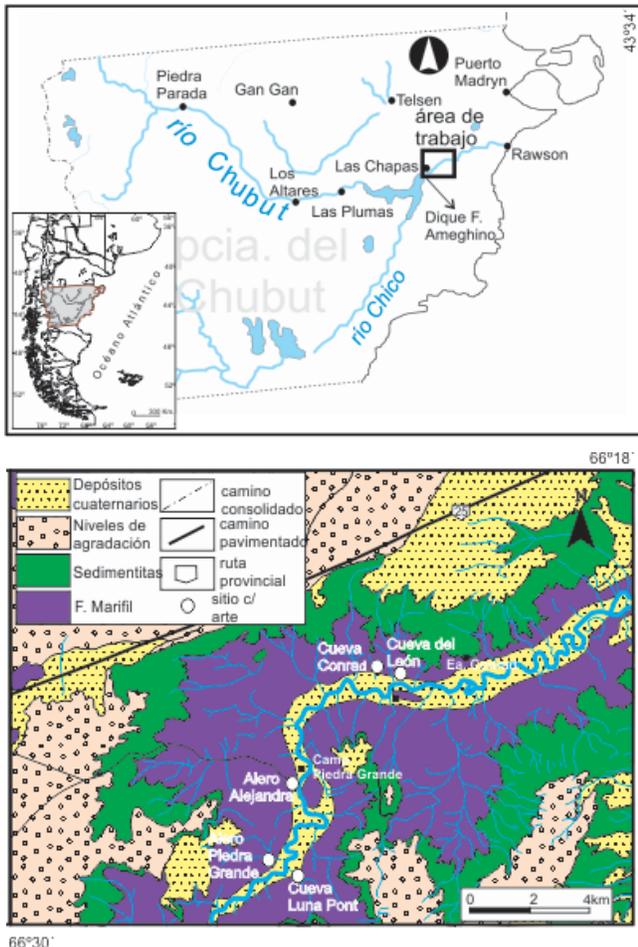


Figura 1. Geología regional simplificada (Panza *et al.* 2002) y ubicación de los sitios con arte rupestre de Las Chapas.

El área de estudio comprende el curso inferior medio del río Chubut en la provincia homónima (Figura 1). Desde el punto de vista fisiográfico, esta zona fue clasificada por Beeskow *et al.* (1987) como un relieve de erosión sobre el Grupo Chubut y el Complejo Marifil, con serranías bajas y áreas planas. Las alturas medias están entre 80 (valle) y 300 m s.n.m. (meseta). Respecto al arte rupestre, este tipo de manifestaciones se representa en cuevas o aleros labrados en las ignimbritas de la Formación Marifil y parece restringirse a la técnica de pintura por sobre el grabado, y dentro de ésta, se destacan los

motivos geométricos monocromáticos rojos (Schuster 2019a; Schuster y Massaferro 2020).

Específicamente la localidad de Las Chapas se encuentra situada en la provincia geológica del Macizo de Somuncura según Ramos (1999) que también se conoce como Macizo Norpatagónico. En esta región, las rocas aflorantes más antiguas son las ignimbritas de la Formación Marifil de edad Jurásico medio a inferior (Alric *et al.* 1996; Pankhurst *et al.* 2000). Por encima de estas rocas se despositan una serie de sedimentitas marinas y continentales que abarcan el período Paleoceno-Oligoceno. Durante el Plioceno se suceden dos niveles de agradación que cubren de gravas y arenas las formaciones anteriores y finalmente durante el Cuaternario se desarrollan cuatro niveles de terrazas del río Chubut (gravas, gravas arenosas, arenas finas a gruesas subordinadas, escasos limos y arcillas), conos aluviales, depósitos eólicos y bajos sin salida. Todos estos depósitos están constituidos por gravas, arenas y limos (Panza *et al.* 2002) (Figura 1).

Las pinturas rupestres se encuentran representadas sobre paredones y cuevas labradas en la F. Marifil, y si bien ésta puede variar localmente su composición y textura, es por lo general una roca bien consolidada de color rojizo a gris. En ella se distinguen cristaloclastos de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y en menor proporción biotita y/o anfíbol. La matriz está compuesta por trizas vítreas, y polvo vítreo. Puede contener también algunos litoclastos ignimbríticos (Márquez *et al.* 2017; Panza *et al.* 2002). La superficie expuesta suele estar alterada a diferentes minerales, óxidos de hierro, calcita o arcillas y a su vez pueden contener dendritas de manganeso.

Desde el punto de vista de la provisión de materias primas pigmentarias para la producción de arte rupestre, en el área cabría esperar la presencia de hematita de origen hidrotermal asociada al vulcanismo que dio origen a la F. Marifil, o bien, ya como una fuente secundaria, la presencia de bloques o rodados provenientes de regiones vecinas: Los Altares (Gurín *et al.* 2016) y Piedra Parada (Bellelli 1988) -lugares muy próximos al área en estudio- y en la costa atlántica adyacente -distante a 300 km aproximadamente- (Schuster 2019b) (Figura 1). El color rojo es frecuentemente atribuido a la presencia de hematita (Boschín *et al.* 2003; Darchuck *et al.* 2010; Gradin *et al.* 1977; entre muchos otros) y en el área, este color es el más habitual en el arte rupestre registrado a la fecha (Schuster y Massaferró 2020).

Por su parte, el color amarillo suele ser vinculado con distintas fases cristalinas o amorfas de hidróxidos de Fe como la limonita, goethita, lepidocrosita, (Darchuk *et al.* 2010, Wainwright *et al.* 2000; entre otros) que son de origen secundario ya que se forman por alteración de otros minerales (óxidos, sulfuros) debido a la acción de soluciones hidrotermales o incluso agentes meteóricos. En la región de estudio podrían encontrarse asociados a la hematita en vetas o bien como guijarros transportados por el río o arroyos desde sectores aledaños.

El color blanco suele ser atribuido a diferentes minerales o compuestos orgánicos (hueso molido). Entre los minerales podemos señalar a la calcita, yeso, caolín y dentro de los compuestos, el hueso calcinado y molido o conchillas de moluscos molidas (Gheco *et al.* 2013; Sepúlveda 2011; Wainwright *et al.* 2000; entre muchos otros). Las fuentes pueden ser de

origen local debido a la gran cantidad de calcita, yeso y caolín que hay en la zona. La calcita y el yeso forman parte de las sedimentitas aflorantes en la región, como así también de las vetas hidrotermales antes mencionadas. El área se caracteriza, a su vez, por los extensos yacimientos de caolín y arcillas utilizados para la industria cerámica (Domínguez *et al.* 2016, Panza *et al.* 2002).

El color negro comúnmente se atribuye a óxidos/hidróxidos de manganeso o carbón (Boschín *et al.* 2003; Gurín *et al.* 2021; Yacobaccio *et al.* 2008; etc.).

### Materiales y Metodología

El criterio de selección de las pinturas respondió únicamente al estado de conservación de las mismas, es decir que las mediciones se realizaron en las mejor conservadas. No obstante, se intentó muestrear la mayor cantidad y variedad de motivos y colores representados en los sitios analizados.

Se realizó un punto de medición por cada uno de los motivos seleccionados, aunque en algunas pinturas de mayor tamaño se realizó más de una medición. Asimismo, se analizaron las rocas soportes de todos los sitios, puntualmente, en los lugares adyacentes a los motivos muestreados.

A cada medición se le asignó un número cuyo resultado se expresa en la Tabla 1. El 89,1 % de los puntos analizados corresponden a pinturas rojas y/o anaranjadas que son las más frecuentes en esta localidad arqueológica, siendo minoritarios -10,8 %- los análisis de pigmentos amarillo y blanco.

Para estas tareas se utilizó un espectrómetro portátil *BruckerTracer i5*, perteneciente al Departamento de Antropología de la Universidad Católica de Temuco (Chile), midiendo *in situ* la composición química de 38 motivos rupestres pintados y de 10 rocas soporte mediante FRX.

El tubo de rayos X es de Rhodio y, el detector, de Si de 20 mm<sup>2</sup> con ventana de Berilio de 8µm. Se operó con un voltaje de 40 kV y una corriente de 41,5 µA en atmósfera natural. Los datos cuantitativos se obtuvieron mediante un Software de calibración desarrollado por el Missouri University Reactor Research (MURR), de la Universidad de Missouri, Columbia. El analizador tiene un colimador de 3 mm con filtro de 200 Cu (black). Las lecturas se realizaron con la aplicación Mudrock por un período de 60 seg. acumulados y se determinaron cuantitativamente 10 elementos mayoritarios; Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, y 17 elementos traza: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ba, Pb, Th y U. Para los distintos colores estudiados se graficaron los contenidos de los elementos determinados en un diagrama binario del tipo X/Y donde en el eje de las abscisas van los nombres de los elementos y en las ordenadas la concentración correspondiente expresada en partes por millón (ppm). En el mismo gráfico se representa también la lectura correspondiente a la roca soporte para poder establecer qué elementos de ésta podrían estar contribuyendo a la lectura del pigmento.

Complementariamente a estos análisis, se estudiaron dos muestras por FRX en los laboratorios de la empresa Piedra Grande S. A. Se empleó un equipo Shimadzu EDX-8000 de

energía dispersiva, tubo de Rhodio y colimador de 10 mm en atmósfera de vacío. Se midieron Na, Mg, Al, Si, K y Ca a 15 kV y corriente 171 µA. Fe y Ti se midieron con 50 kV y 30 µA. Se utilizaron estándares propios de la empresa para arcillas y caolines. Estas muestras pertenecen a la cueva Luna Pont: una corresponde a la roca soporte y otra a una pátina negra brillante que recubre las paredes de la cueva (Tabla 2).

### Sitios arqueológicos y pinturas rupestres en Las Chapas

Los sitios con arte detectados en el área se encuentran mayormente en aleros-respecto a las cuevas- y se plasmaron en las ignimbritas de la Formación Marifil (Figura 1). No se han detectado a la fecha grabados, prevaleciendo la técnica de pintura. El rojo es la coloración predominante y se presenta en diversas tonalidades, variando de uno muy oscuro a uno más claro o anaranjado (10R 4/8 - 7.5R 4/8). La excepción se da en un posible caso de pintura bícroma (negro y rojo) y en un probable motivo blanco en el sitio Piedra Grande, así como también en un único motivo amarillo en la cueva Luna Pont. Entre las técnicas de ejecución, prevalece el trazo plano y continuo, además de los puntiformes en menor frecuencia. Los motivos plasmados habitualmente son los abstractos y geométricos (Gradin 1997-1998). En los dos sitios con mayor diversidad de motivos - Cueva Luna Pont y Alero Piedra Grande- se han identificado algunos en común -como círculos, pisadas y puntos- si bien en la cueva Luna Pont se registraron grecas (Menghin 1957) que no se manifiestan en Piedra Grande, donde sí hay motivos de símbolos complicados (*sensu* Menghin 1957), ausentes en el sitio anterior (Schuster 2019a).

La información obtenida de los materiales arqueológicos recuperados en superficie de los sitios Cueva Luna Pont, Cueva Conrad y Alero Alejandra, así como los obtenidos de los sondeos en la Cueva Luna Pont y en el Alero Alejandra ya han sido presentados anteriormente en Schuster y Massafiero (2020). Las excavaciones que se encuentran abiertas en el Alero Alejandra y la Cueva Conrad, no han avanzado en profundidad, por lo que los materiales enviados para fechados otorgarán seguramente cronologías recientes en concordancia con los datos indirectos que tenemos de la tecnología lítica y cerámica y de los estilos de arte rupestre representados. No se puede estimar aun desde cuando estuvieron ocupados estos abrigos en cuevas y aleros, no obstante, si tenemos en cuenta las dataciones más antiguas obtenidas en el curso inferior -6.070 años AP- y superior -ca. 5.000 años AP- (Gómez Otero y Bellelli 2007; Pérez de Micou *et al.* 1992), podemos esperar para el área de estudio cronologías similares de ocupación humana al momento que avancen las excavaciones en curso.

Por otra parte, se han identificado y registrado varios factores naturales que afectan la conservación de las pinturas, como, por ejemplo: la insolación, el agrietamiento y/o la exfoliación de la roca soporte, las infiltraciones de agua y la adherencia de materiales superficiales, tanto orgánicos (líquenes) como inorgánicos (materiales arcillosos, yeso). Afortunadamente, las evidencias de intervención antrópica suelen ser escasas en esta localidad.

A continuación, se describen brevemente cada uno de los sitios y sus respectivas manifestaciones rupestres.

#### *Cueva Luna Pont*

Es una cueva que se compone de tres recintos que van reduciéndose en tamaño a medida que se adentra en su interior. En la entrada - que mide un poco más de 3m de ancho- las paredes E y O manifiestan el 90,9 % de los motivos, mayormente abstractos y con pintura roja monocroma (Figura 2). Específicamente sobre el lado O, los motivos están muy desvaídos o parcialmente obliterados por materiales arcillosos y líquenes, mientras que en el soporte E, hay varios motivos geométricos, líneas almenadas y grecas, así como algunas manchas y/o motivos indeterminados. Cabe mencionar que posiblemente uno de ellos haya sido repintado actualmente (#369, Figura 2a).

En la pared O del segundo recinto, hay un único motivo ejecutado por puntos en color amarillo (Figura 2c), que se ubica a solo 50 cm del suelo actual. Finalmente, en el tercer y último recinto de esta cueva, no fue posible reconocer manifestaciones rupestres debido a una pátina negra brillante y dura- de origen orgánico- que cubre la totalidad de las paredes. De los sitios estudiados, este es el único que presenta impacto antrópico hasta el momento.

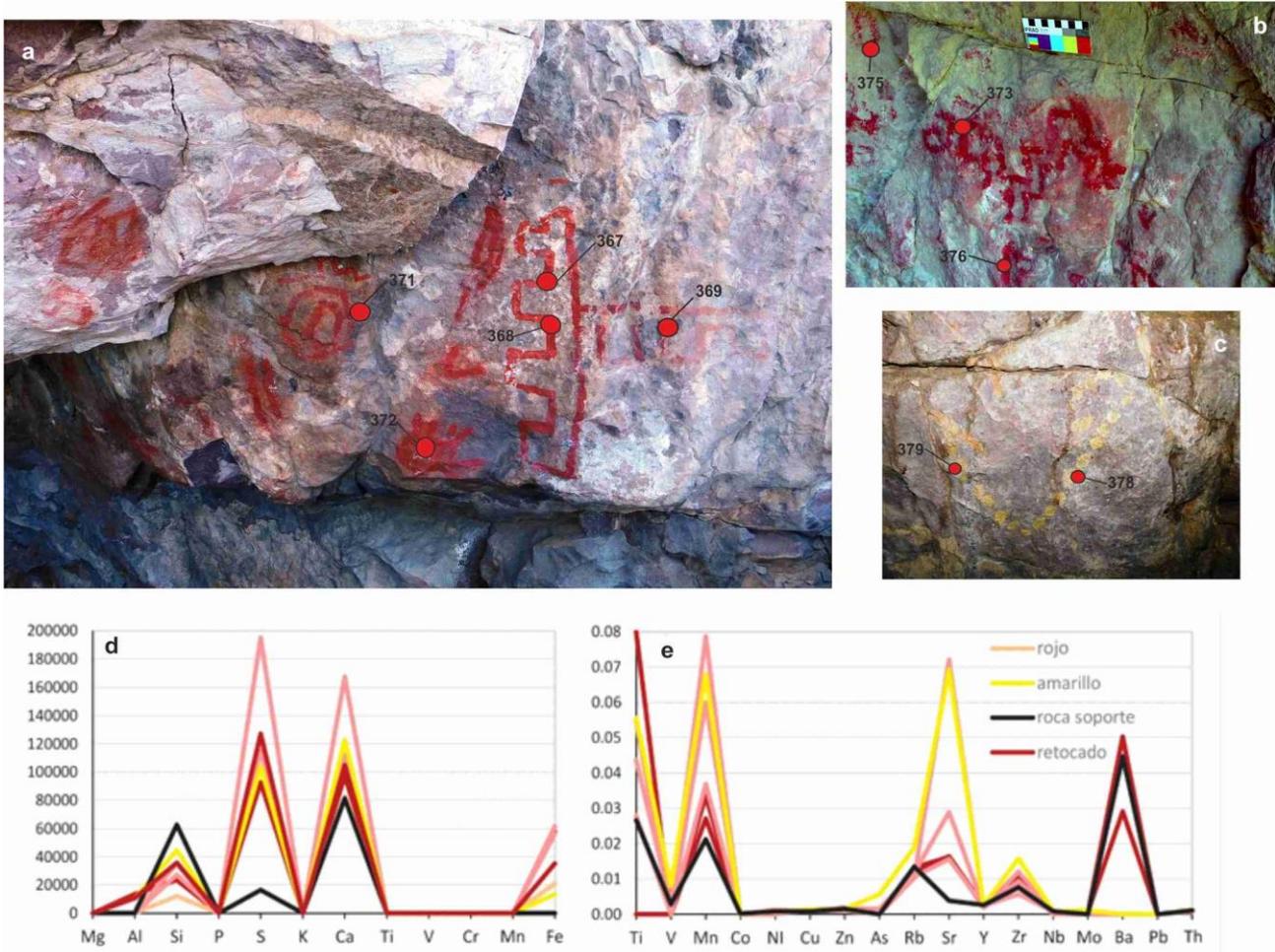


Figura 2. Cueva Luna Pont. Los números señalados en los motivos se corresponden con los números de punto de la Tabla 1. a) motivos rojos del sector 1; b) motivos rojos del sector 3, retocada con Dstreich; c) único motivo en el interior de la cueva; d) diagrama de contenidos elementos mayoritarios y trazas (e) expresados en ppm.

*Alero Piedra Grande*

Es un alero orientado al sur, que exhibe manifestaciones rupestres en una superficie lineal de ocho metros aproximadamente. Las pinturas rupestres son rojas monocromas (solo hay un posible caso de bicromía con negro y un

motivo blanco incierto) que se disponen aprovechando tanto espacios amplios y superficies planas, como espacios muy pequeños o salientes entre las rocas. La mayoría de los motivos son abstractos -predominando los geométricos curvilíneos y lineales-, aunque también hay puntiformes y pisadas -choique, puma y guanaco-, y en menor medida, otros motivos indeterminados y/o manchas (Figura 3a y 3h).

Este sitio que no recibe insolación directa en ninguna estación del año, manifiesta distintos grados de preservación de sus pinturas, si bien mayormente se encuentran desvaídas.

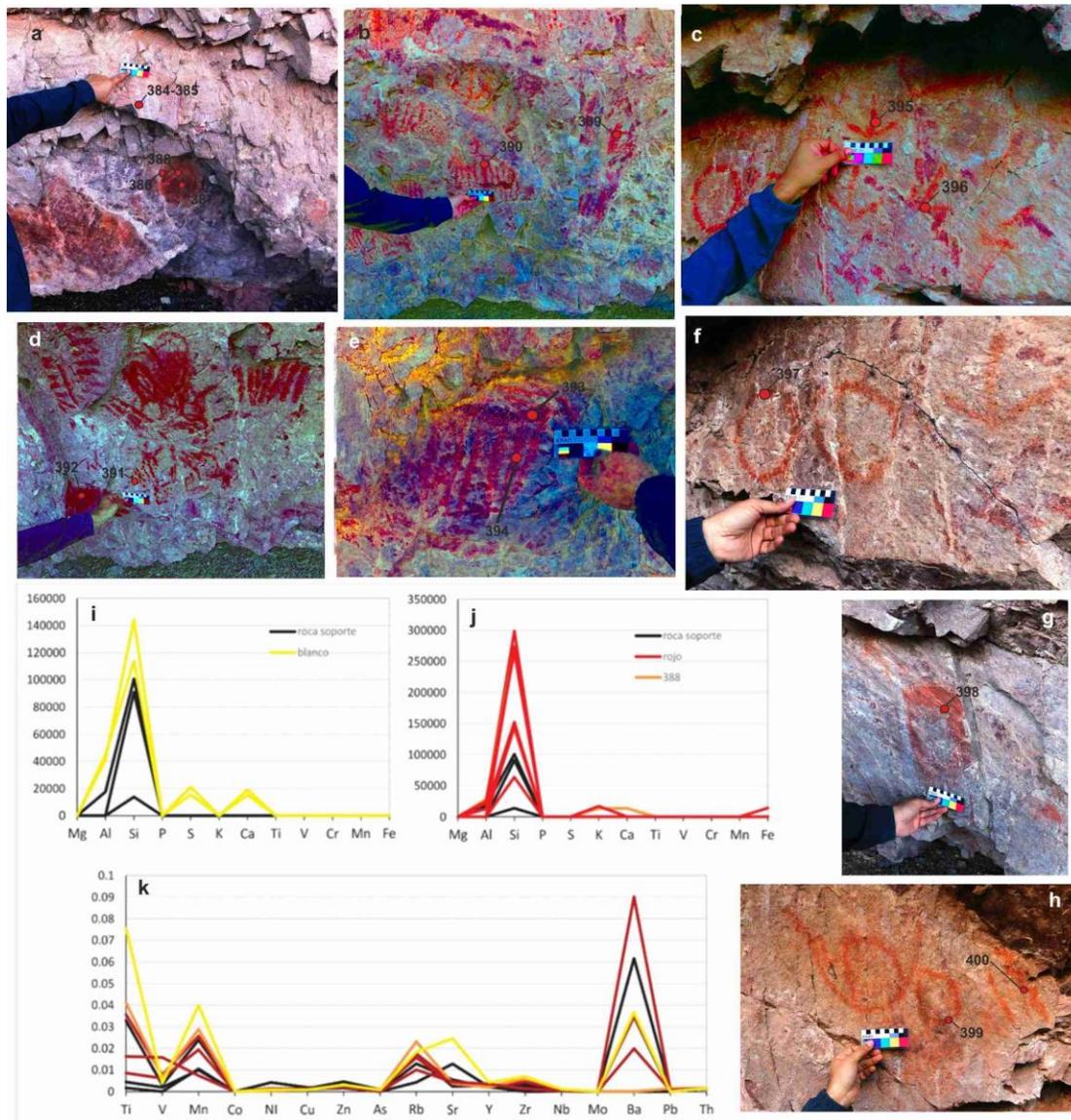


Figura 3. Alero Piedra Grande Los números señalados en los motivos se corresponden con los números de punto de la Tabla 1. a-h) motivos analizados con FRX portátil (b,c,d y e retocadas con Dstrech); i, j y k) diagramas de contenidos de elementos mayoritarios (i,j) y trazas (k) expresados en ppm.

#### Alero Alejandra

Es un alero con orientación hacia el este, de 23 m de largo. En el extremo norte y, a 40 cm por encima del nivel actual del terreno, se presenta

un grupo de manchas rojas monocromas desvaídas que ocupan una superficie pequeña de 0,50 por 1,10 metros aproximadamente. Debido a su deteriorado estado de conservación no pudieron identificarse los motivos representados (Figura 4a y 4d). Se destaca que al momento de comenzar las labores arqueológicas este alero era ocupado frecuentemente por ganado vacuno y, posiblemente, este sea uno de los factores de alteración de las pinturas que se encuentran a pocos centímetros del suelo actual.

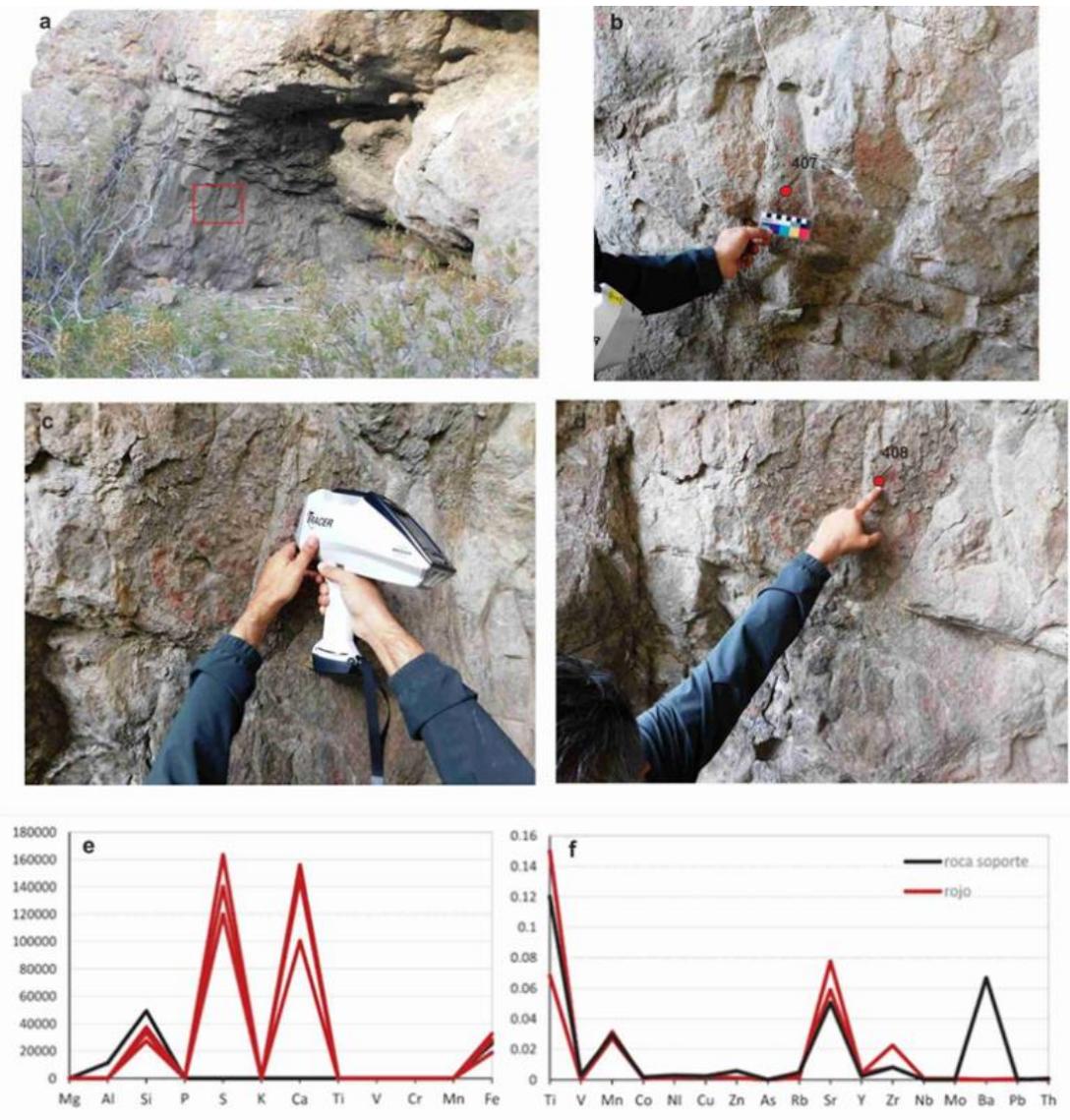


Figura 4. Cueva Conrad. a) vista de la cueva y ubicación del panel con manchas rojas; b, c y d) motivos rojos analizados por FRX portátil, e y f) diagramas de contenidos de elementos mayoritarios (e) y trazas (f) expresados en ppm.

*Cueva del León*

Es una cueva espaciosa y de importantes dimensiones (10 x 20 metros), con una entrada amplia que permite la observación directa al valle del río. En este sitio la infiltración solar es nula debido a su orientación al sur y a su

profundidad. La mayor parte de la cueva presenta una pátina negra muy densa e infiltraciones y chorreaduras que cubren prácticamente todas las paredes desde el techo al piso actual. No obstante, se pudieron identificar trazos de pintura roja monocromática: puntos o dedos rojos en la pared oeste, y dedos arrastrados formando una especie de guarda sobre la pared norte del mismo color (Figura 5a a 5c). La evaluación inicial de la conservación de las pinturas focaliza su deterioro relacionado con aspectos naturales (pátinas y chorreaduras procedentes del techo)

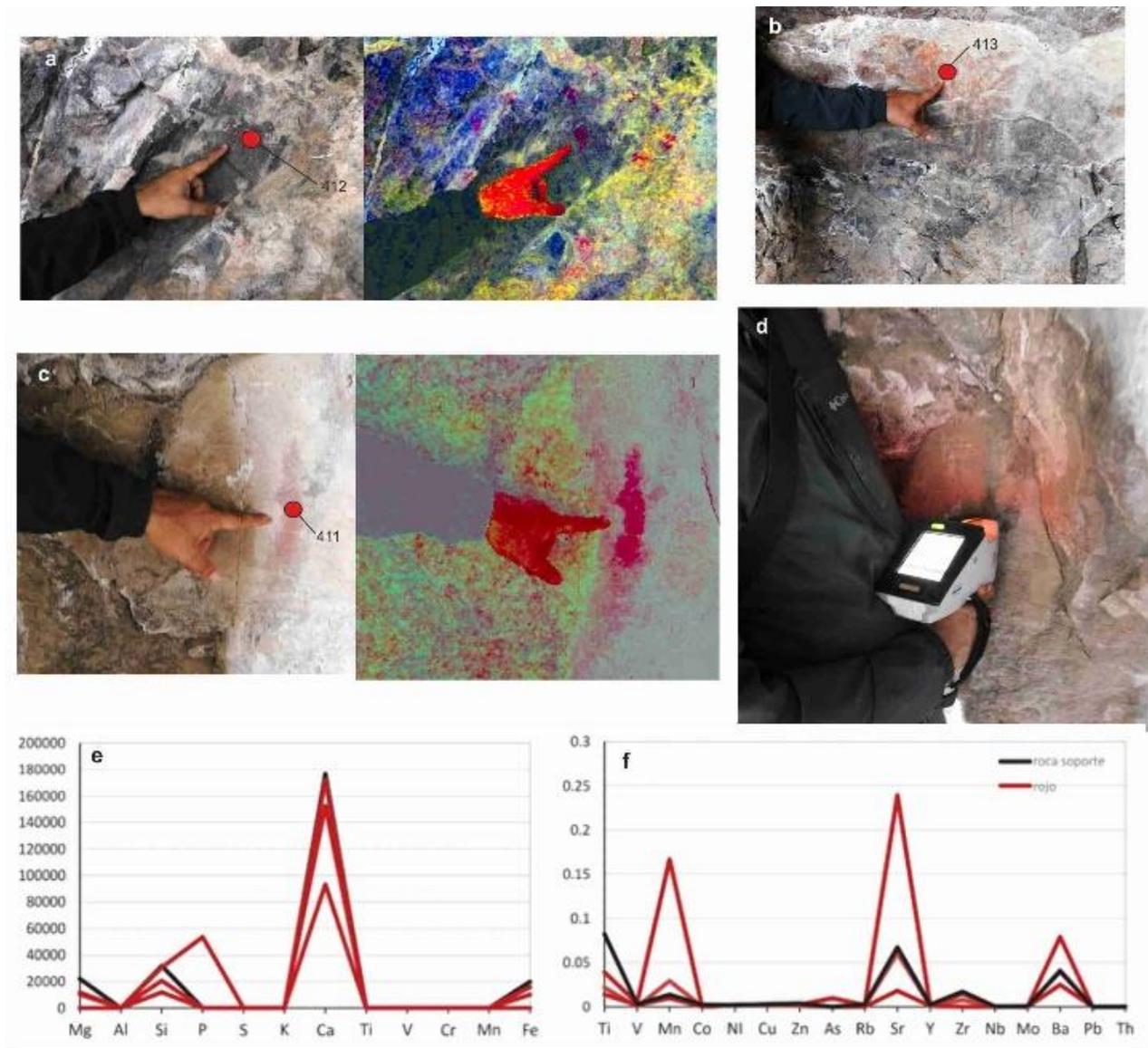


Figura 5. Cueva del León. a) foto original y retocada con Dstrech del motivo analizado, b) panel con pinturas a modo de guarda; c) foto original y retocada con Dstrech, d) análisis de roca de caja, e y f) diagramas de contenidos de elementos mayoritarios (e) y trazas (f) expresados en ppm.

### Cueva Conrad

Es una cueva de 7 x 10 metros con una boca o entrada muy amplia con orientación al oeste-sudoeste. Únicamente sobre la pared oeste se

identificaron trazos de pintura roja muy desvaída -a modo de manchas- que se encuentran parcialmente obliteradas por líquenes y una fina capa de materiales arcillosos (Figura 6b). La exigua conservación de las manifestaciones rupestres en este sitio posiblemente esté relacionada con la exposición solar continua y directa a la que están sometidos los soportes rocosos.

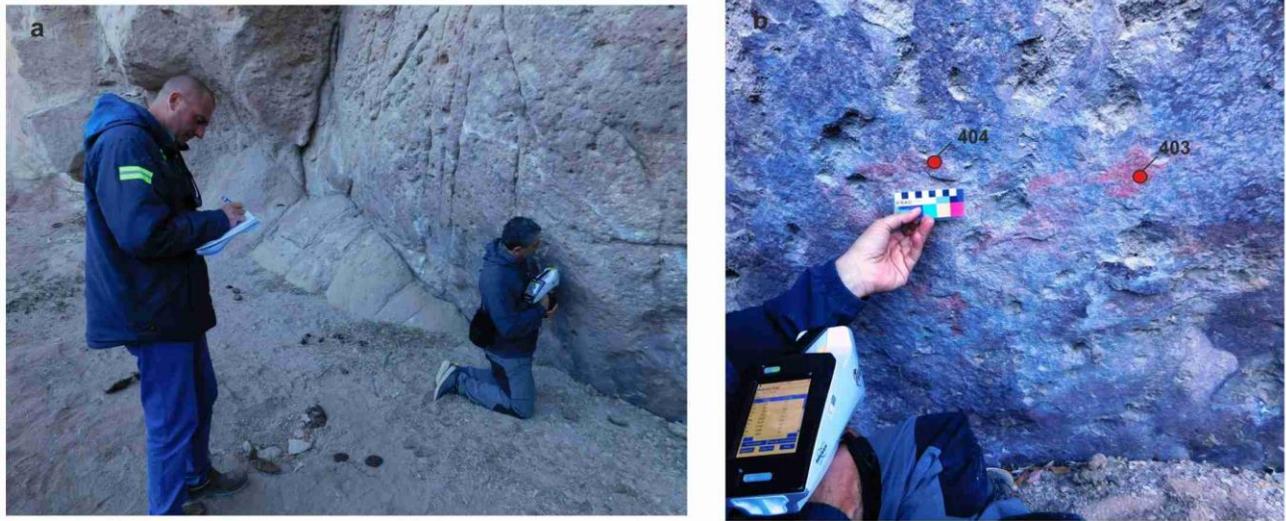


Figura 6. Alero Alejandra. a) soporte rocoso con manchas rojas; y b) análisis con XRF portátil; c y d) diagramas de contenidos de elementos mayoritarios (c) y trazas (d) expresados en ppm.

## Resultados

Los resultados obtenidos de los estudios de las pinturas por FRX pueden observarse en la Tabla 1 (ver material complementario), donde todos los elementos se encuentran expresados en partes por millón (ppm). Para poder estimar qué elementos intervienen en la composición del pigmento de los motivos rupestres analizados, se graficaron para cada cueva y/o alero los resultados obtenidos de la roca soporte y de las pinturas en diagramas

que expresan la concentración de cada elemento por punto de medición (Figuras 2 a 6).

Como se mencionó anteriormente, la roca soporte está constituida por diversos minerales, lo que la convierte en un soporte heterogéneo, además de ser una superficie irregular, con pátinas naturales tanto inorgánicas - yeso, arcillas, óxidos de hierro- como orgánicas- guano- las que muchas veces pueden obliterar a los motivos. Cuando se observan los resultados de las mediciones en las pinturas, muchos de los elementos medidos se asumen en realidad como parte de la roca soporte y otros se atribuyen a

formación de pátinas posteriores como se presentará a continuación en cada caso.

La muestra de roca soporte de la Cueva Luna Pont analizada en el laboratorio de la Empresa Piedra Grande arrojó un valor de SiO<sub>2</sub> 78 % pp (Tabla 2) lo que la clasifica como una roca de composición riolítica (Le Bas *et al.* 1986). Esto es importante ya que es un indicio de cuál es la composición mineralógica de la roca soporte en aquellos sectores donde la observación macroscópica no permite distinguirla. En esta Cueva (Figura 2d y 2e) se observa claramente que los pigmentos rojos y el amarillo contienen mayor cantidad de Fe que la roca soporte, atribuyéndose este exceso al pigmento mineral de las pinturas. Silicio y Al son elementos que comúnmente forman los silicatos (cuarzo, feldspatos) que se encuentran en la roca soporte y el S y Ca estarían reflejando la presencia de yeso. Por otra parte, no se hallaron diferencias significativas entre las pinturas supuestamente retocadas actualmente (Figura 4a, #367 y #368) y las más desvaídas, excepto en los contenidos de Ba, que en las pinturas retocadas son similares a los de la roca soporte. Sin embargo, comparando los contenidos de Ba de otras pinturas de la zona, éstas también suelen presentar altos contenidos de Ba, como en la Cueva Piedra Grande y en el Alero Alejandra (Figuras 3 y 6). La lectura de la pátina negra realizada con el analizador portátil (#377, Tabla 1) muestra valores similares a los de la roca soporte y, la misma pátina analizada en el laboratorio de la empresa Piedra Grande (Tabla 2) detectó prácticamente solo C, por lo que se asume que se trata de una sustancia orgánica.

En la Cueva Piedra Grande (Figura 3) se realizaron lecturas en motivos rojos, anaranjados y blanco. En éste último la diferencia con la roca de caja se observa en los valores de S y Ca. Los pigmentos rojos presentaron mayor contenido

de Fe en un único caso (#387), mientras que el resto manifiesta un contenido similar al de la roca de caja, lo mismo que sucede con el color anaranjado (#388). Una de las características de los motivos de este alero es que las pinturas se encuentran muy desvaídas y por lo tanto la capa de pintura es muy delgada para producir una señal en el espectrómetro. Tampoco se detecta la presencia de yeso como en la Cueva Luna Pont.

En la Cueva Conrad (Figura 4), las pinturas rojas tienen valores de Fe similares a los de la roca soporte y sí denotan altos contenidos de S y Ca, ausentes en la roca soporte.

En la Cueva del León (Figura 5), las pinturas rojas también tienen contenidos de Fe similares a los de la roca soporte, con alto contenido de Ca y, llamativamente, en una muestra, de fósforo (P). Es posible que se haya medido junto con la pintura algo de guano de murciélago, visiblemente presente en muchas de estas cuevas.

En el Alero Alejandra (Figura 6) se midieron pinturas rojas en las que se advierten contenidos de Fe, S, Ca, Mn, Sr y Ba. El resto de los elementos están presentes tanto en la roca soporte como en la pintura roja.

En cuanto al origen de los pigmentos, el área presenta una interesante oferta de potenciales materias primas a una escala local. En el departamento de Gaiman, se mencionan tres depósitos importantes de óxidos de manganeso, denominados: Mina Eva Perón, Florentino Ameghino y Manifestación Valle de Las Plumas (Fernández Lima y Latorre 1978, Malvicini 1974, Malvicini y Llambías 1974). Estas manifestaciones están constituidas por vetas hidrotermales que rellenan fracturas en las ignimbritas de la F. Marifil. Los rellenos son

resultado de la actividad volcánica póstuma que originó la mencionada formación y, están constituidas principalmente por óxidos e hidróxidos de manganeso (Figura 7a). En algunos sectores aledaños a las vetas de óxidos de manganeso, se forman, por procesos de meteorización, algunas acumulaciones de limonitas y óxidos de Fe (Figura 7b) que podrían constituir fuentes primarias de pigmentos amarillos u ocreos. Ésta es la primera referencia de la existencia de posibles fuentes primarias de minerales que podrían utilizarse como pigmentos en el valle inferior y medio del río Chubut. Vale la pena mencionar aquí que en la localidad de La Angostura (valle inferior del río Chubut) Gurín *et al.* (2021) asignaron el color negro de las pinturas rupestres a la presencia de óxidos de Mn (pirolusita y haussmanita). Estudios más detallados en estas fuentes podrían corroborar o no esta hipótesis. Además, cabe señalar la mención de fuentes secundarias de hematita en las proximidades de Los Altares (Gurín *et al.* 2016), Piedra Parada (Bellelli 1988) y en la costa atlántica adyacente (Schuster 2019b) (Figura 1).

Por lo expuesto, se aprecia una amplia oferta y disponibilidad de materias primas pigmentarias, sin embargo, los colores amarillo, negro y blanco, no suelen tener una presencia muy importante en el arte de la zona, ya que hasta el momento se han detectado escasos y puntuales motivos (Schuster y Massaferro 2020). De todas maneras, hay que considerar que las expresiones rupestres de estos colores pudieron quedar inundadas por las aguas del dique al igual que el alero Chacra Briones que contenía motivos geométricos y grecas de colores rojo, amarillo, negro y blanco (según Anónimo 1956, citado en Aschero *et al.* 1983-1985; Sánchez Albornoz 2011).



Figura 7. Mina Eva Perón. Veta de óxidos de manganeso intruyendo rocas de la Fm. Marifil (arriba). Mina Eva Perón. Hidróxidos de hierro (limonita-ocres) en zona de alteración de la Fm. Marifil (abajo).

## Discusión

Debido a las limitaciones del método explicadas anteriormente y, como ya fue adelantado por otros autores (Gay *et al.* 2016), los valores obtenidos mediante esta técnica sólo tienen valor cualitativo ya que únicamente por comparación con la roca de caja se pueden detectar los elementos que forman el pigmento mineral de las pinturas (Gay *et al.* 2016).

En el caso en estudio, los pigmentos rojos y amarillos presentan un mayor contenido de Fe cuando las pinturas están bien preservadas,

mientras que en los casos en que se presentan desvaídas tienen una composición elemental muy similar a la de la roca soporte, aún en los elementos traza. Por lo tanto, se atribuye el color rojo a la presencia de óxidos de hierro del tipo hematita y el amarillo a algún hidróxido de hierro, siendo el más común de éstos la limonita.

Se han detectado en casi todos los puntos medidos altos contenidos de S y Ca que se atribuyen a la presencia yeso. De hecho, este mineral es muy frecuente en la zona (Dr. Claudio Iglesias Com. Pers. 2019). El yeso puede encontrarse en las pinturas como una pátina natural (Boschín *et al.* 2011, Hernández Llosas *et al.* 1998, Wainwright *et al.* 2002), como carga o como diluyente (Aschero 1985, Belardi *et al.* 2000, Boschín *et al.* 2003) o aplicarse como base sobre la roca soporte para efectuar la pintura por encima (Aschero 1985, Gurín *et al.* 2021). En la cueva Luna Pont, este mineral está presente en la roca soporte con y sin pintura, por lo que se lo asume como una pátina de origen natural. Sin embargo, en la cueva Piedra Grande, los picos en Ca y S están presentes únicamente en el motivo blanco muestreado por lo que se interpreta que en este caso el yeso se utilizó como material pigmentario. En la cueva Conrad, el pigmento analizado es de color rojo y, los picos de S y Ca atribuidos a yeso están presentes únicamente en la pintura, por lo que su incorporación a la mezcla pigmentaria podría haber tenido diferentes funciones, ya sea como diluyente, aglutinante o como base para la aplicación de la pintura sobre el soporte.

Los contenidos en elementos traza son en general similares en todas las muestras, siendo los elementos más abundantes tanto en rocas soporte como en las pinturas el Ti, Mn, Sr y Ba. La presencia de estos elementos se asocia más a la roca soporte que a las pinturas ya que es común que estos elementos formen parte de las

rocas de esta región. Particularmente, el Mn se presenta muy comúnmente como óxidos de Mn en forma de dendritas. El Ba suele acompañar a estos óxidos de Mn, por ejemplo la fórmula del psilomelano es  $(\text{Ba},\text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ . Por otro lado, el Sr además de que puede formar parte de los feldspatos de la roca soporte, también puede sustituir al Ca en el yeso y así incrementar su concentración en los puntos de medición. El Ti a su vez puede estar presente en la roca soporte formando parte de un mineral accesorio como la titanita ( $\text{CaTiSiO}_5$ ). Por lo tanto, se considera que los altos contenidos de Si, Al, Ti, Mn y Ba son contribuciones de la roca soporte vinculados con su mineralogía original.

Óxido	Pátina negra	Roca soporte Cueva Luna Pont
Na <sub>2</sub> O	3.868	4.62239266
MgO	0.157	0.22192157
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.244	10.6220617
SiO <sub>2</sub>	0.986	78.6478358
K <sub>2</sub> O	0.325	4.0374152
CaO	0.348	0.9149398
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.17033454
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.091	0.76309873
Cl	0.831	0
CO <sub>2</sub>	92.47	0
SO <sub>3</sub>	0.556.	0
Total	99.88	100

Tabla 2. Composición de la roca soporte de la cueva Luna Pont expresada en porcentaje en peso de óxidos.

## Conclusiones

En el caso en estudio, se ha podido determinar que, en las pinturas de color rojo, el mineral pigmentante es un óxido de Fe, muy posiblemente hematita; en la amarilla el pigmento utilizado sería un hidróxido de Fe del tipo de la limonita y para el color blanco muy posiblemente se haya utilizado el yeso. Se ha detectado la participación de este mismo mineral como aditivo en la pintura y como pátina natural.

Otro aspecto importante a destacar de este trabajo fue dar a conocer la ubicación de posibles fuentes primarias de un material pigmentario negro (óxidos de manganeso) y amarillo (posiblemente limonita) que no habían sido consideradas en los estudios de arte rupestre regionales hasta el momento. Teniendo en cuenta las características geológicas del área y los antecedentes existentes, es posible que el aprovisionamiento de las materias primas para los pigmentos haya sido del orden local.

Como corolario de esta experiencia se desprende también que, al utilizar este tipo de técnicas, los resultados deben ser abordados en forma multidisciplinaria para no arribar a conclusiones erróneas.

Por otro lado, cabe destacar que en materiales que no permiten un muestreo para laboratorio (como el caso de las pinturas aquí estudiadas),

el uso del equipo portátil puede aportar datos orientativos sobre la composición de los exclusivamente, requieren de alguna otra técnica complementaria (preferentemente *in situ*) para profundizar las interpretaciones.

Uno de los mayores retos del proyecto de investigación en curso, es determinar la constitución de las pinturas y evaluar si el estado de conservación vigente se relaciona con los elementos empleados en su composición más allá de los factores naturales. Además, actualmente se están explorando otras vías de análisis para caracterizar la parte orgánica de los pigmentos (estudios químicos de ácidos grasos) y para complementar los estudios químicos ya realizados, se prevé implementar -en el caso que sea factible- técnicas como RAMAN y FTIR *in situ*. Asimismo, se están evaluando tareas y cuidados a implementar para disminuir el biodeterioro de las pinturas, así como también se están elaborando pautas para mitigar el impacto antrópico de los sitios más expuestos. Finalmente, se continúan las labores de campo en el área con el objetivo de avanzar en las excavaciones abiertas y en la detección de nuevos sitios arqueológicos que nos permitirán delinear un panorama de escala regional de la ocupación humana y de la producción del arte rupestre en el valle inferior-medio del río Chubut.

*Agradecimientos:* Al Dr. Claudio Iglesias de la Empresa Piedra Grande por su asistencia en los trabajos de campo, por facilitar la infraestructura para las campañas y por los análisis de FRX realizados en el laboratorio de la empresa. A los Sres. Raúl Vacca, Bocha Rúa, Ricardo Vera, Mario Bogni y a la Srta. Abril Monticelli por la colaboración en las tareas campo. Al Lic. Raúl González Dubox por la asistencia con las imágenes. A la Universidad Católica de Temuco (Chile) por el préstamo del equipo portátil de FRX.

### Bibliografía citada

Aldazábal, V., M. Silveira, L. López, G. Custo, M. Reinoso, E. Freire y L. Cerchetti.

2016 El uso de pigmentos en el área del lago Traful, Río Negro (Argentina). Un estudio interdisciplinario. *Arqueología de la Patagonia: de mar a mar editado* (ed. Por F. Mena), pp. 390-400. Coyhaique.

Alric, V., M. Haller, G. Féraud, H. Bertrand y M. Zubia

1996 Cronología  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  del volcanismo jurásico de la Patagonia extrandina. *Actas XII Congreso Geológico Argentino 5*, pp243-250. Buenos Aires.

Aschero, C., Pérez de Micou, C., Onetto, M., Bellelli, C., Naccuzzi, L. y Fisher A.

1983 Arqueología del Chubut. El valle de Piedra Parada. Dirección Provincial de Cultura del Chubut. Rawson, Chubut.

Aschero, C.A.

1985 Notas sobre el uso de pigmentos minerales en el sitio CCP-5, Prov. de Santa Cruz, Argentina. *Primeras Jornadas de Arte y Arqueología*, pp 13-20. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago de Chile.

Este trabajo fue financiado por un proyecto CONICET (PUE-22920180100012-CO) y por un proyecto de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco: PI CIUNPAT 1523, CI 10/C386, Res R/9 N° 330/2019. Agradecemos a los revisores anónimos cuyos comentarios contribuyeron a mejorar la calidad del manuscrito.

Barone, G., P. Mazzoleni, A. Cecchini y A. Russo. 2018 In situ Raman and pXRF spectroscopic study on the wall paintings of Etruscan Tarquinia tombs. *Dyes and Pigments* 150: 390-403.

Beck, L., H. Rousselière, J. Castaing, A. Duran, M. Lebon, B. Moignard y F. Plassard.

2014 First use of portable system coupling X-ray diffraction and X-ray fluorescence for in-situ analysis of prehistoric rock art. *Talanta*.

Bedford, C., D. W. Robinson y D. Gandy.

2018 Emigdiano Blue: The California Indigenous Pigment Palette and an in Situ Analysis of an Exotic Colour. *Open Archaeology* 4: 152-172.

Beeskow, A., H. Del Valle, H. y M. Rostagno.

1987 *Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la provincia de Chubut, Argentina*. Secretaría de Ciencia y Técnica, Delegación Regional Patagónica, Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

Belardi, J.B., A. Súnico y D.N. Puebla,

2000 Análisis de pigmentos minerales y sus fuentes potenciales de aprovisionamiento en el Área del Lago Roca (Sector Chorrillo Malo),

Provincia de Santa Cruz (Argentina). *Anales del Instituto de la Patagonia* 28: 291-304.

Bellelli, C.

1988 Recursos minerales: su estrategia de aprovisionamiento en los niveles más tempranos de Campo Moncada 2 (Valle de Piedra Parada, Río Chubut). *Arqueología Contemporánea Argentina. Perspectivas y Actualidad* (ed. por H.D. Yacobaccio, L.A. Borrero, L.C. García, G.G. Politis, C.A. Aschero y C. Bellelli), pp 147-176. Buenos Aires, Ediciones Búsqueda.

Bellelli, C., M. Carballido, P. Fernández y V. Scheinsohn.

2003 El pasado entre las hojas. Nueva información arqueológica del noroeste de la provincia de Chubut, Argentina. *Werken* 4: 25-42.

Borg, B, Dunn, M., Ang, A. y C. Villis.

2020 The application of state-of-the-art technologies to support artwork conservation: Literature review. *Journal of Cultural Heritage* 44: 239-259.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.02.010>

Boschín, M.T., M. Maier y G.I. Massaferro

2011 Une lecture pluridisciplinaire des analyses chimiques et minéralogiques de peintures rupestres de la Patagonie argentine. Francia. *L'Anthropologie* 115 (3): 360-383. DOI 10.1016/j.anthro.2011.05.009

Boschín, M.T., A.M. Seldes, M.S. Maier, R.M. Casamiquela, R.E. Ledesma y G.E. Abad.

2003 Análisis de las fracciones inorgánica y orgánica de pinturas rupestres y pastas de sitios arqueológicos de la Patagonia Septentrional Argentina. *Zephyrus* 55: 183-198.

Brook, G., V. Franco, A. Cherkinskyc, A. Acevedo, D. Fiore, T. Pope, R. WeimarIII, G. Neher, H. Evans y T. Salguero.

2018 Pigments, binders, and ages of rock art at Viuda Quenzana, Santa Cruz, Patagonia (Argentina). *Journal of Archaeological Science: Reports* 21: 47-63

Camacho Puebla, A.L., F. Mederos Henry y J.L. Ruvalcaba Sil.

2013 Estudio de los alcances de la técnica de FRX en el estudio de la distribución estratigráfica de pigmentos en una pintura de caballete novohispana por medio de una variación en la geometría de irradiación-detección. *Estudios sobre Conservación, Restauración y Museología* 1: 197-207.

Darchuk, L., Z. Tsybrii, A. Worobiec, C. Vázquez, O.M. Palacios, E.A. Stefaniaka, G. Gatto Rotondo, F. Sizov y R. Van Grieken.

2010 Argentinean prehistoric pigment's study by combined SEM/EDX and molecular spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A*, 75: 1398-1402.

de Viguerie, L., V.A. Sole y P. Walter.

2009 Multilayers quantitative X-ray fluorescence analysis applied to easel paintings. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 395: 2015-2020. <https://doi.org/10.1007/s00216-009-2997-0>

Domínguez, E., M. Dondi, R. Etcheverry, C. Recio y C. Iglesias.

2016 Genesis and mining potential of kaolin deposits in Patagonia (Argentina). *Applied Clay Science* 131: 44-47.

- Fiore, D., Maier, M., S. Parera, L. Orquera y E. Piana.  
2008 Chemical analyses of the earliest pigment residues from the uttermost part of the planet (Beagle Channel region, Tierra del Fuego, Southern South America). *Journal of Archaeological Science* 35: 3047-3056.
- Frahm, E. y R. Doonan  
2013 The technological versus methodological revolution of portable XRF in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 40: 1425-1434.
- García Eras, M., Fernández Ruiz, R. y J. D. Tornero  
1999 Análisis de cerámicas arqueológicas mediante Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total y contrastación mediante análisis por Activación de Neutrones. *Arqueometría y Arqueología* (ed. por J. Capel Martínez), pp 173-185. Granada. Editorial Universidad de Granada.
- Gay, M., K. Müller, F. Plassard, J.J. Cleyet-Merle, P. Arias, R. Ontañón e I. Reiche.  
2016 Efficient quantification procedures for data evaluation of portable X-ray fluorescence - Potential improvements for Palaeolithic cave art knowledge. *Journal of Archaeological Science: Reports* 10: 878-886.
- Gheco, L., M. Quesada, G. Ybarra, A. Poliszuk y O. Burgos  
2013 Espacios rupestres como «obras abiertas»: una mirada a los procesos de confección y transformación de los abrigos con arte rupestre del este de Catamarca (Argentina). *Revista Española de Antropología Americana* 43(2): 353-368.
- Gigante, G.E., P. Ricciardi y S. Ridülfi.  
2005 Areas and limits of employment of portable EDXRF equipment for in situ investigations. *Archeo Sciences* 488: 51-59. DOI: 10.4000/archeosciences.488.
- Gómez Otero J., J.B. Belardi, A. Súnico y R. Taylor.  
1999 Arqueología de cazadores- recolectores en Península Valdés (costa central de Patagonia): primeros resultados. En *Soplando el viento*. Actas de las Terceras Jornadas de Arqueología de la Patagonia, pp. 393-417. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.
- Gradin, C.J.  
1997-1998 El arte rupestre del sur mendocino entre los siglos VIII y XV de la era. ¿Un área de conflicto o de convivencia? *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 22-23: 7-23.
- Gradin, C.J., C.A. Aschero y A.M. Aguerre.  
1977 Investigaciones arqueológicas en la Cueva de las Manos, Estancia Alto Río Pinturas (Provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 10: 201-250.
- Gurín M.C., M. Mazzuca, M. Maier y J. Gómez Otero.  
2016 Identificación de componentes inorgánicos y orgánicos en materiales arqueológicos pigmentados del nordeste de Chubut. *Actas 19 Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp 2799-2806. San Miguel de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo.
- Gurín, C., M. Mazzuca, J. Gómez Otero, M. Maier  
2021 Micro-Raman spectroscopy and complementary techniques applied for the analysis of rock art paintings at the

- archaeological locality La Angostura, lower valley of Chubut River (Patagonia, Argentina). *Archaeological and Anthropological Sciences* 13: 54. <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01300-9>
- Gómez Otero, J. y C. Bellelli.  
2007 Arqueología de Chubut. Rastros del pasado. Presencia humana de la costa a la cordillera. *Atlas Total. Clarín*. Buenos Aires. Editorial Argentino.
- Hernández Llosas, M.I, A. Watchman y J. Southon  
1998 Fechado absoluto y análisis de pigmentos para las pinturas rupestres de Pintoscayoc (departamento de Humahuaca, Jujuy). *Estudios Sociales del NOA* 2: 31- 58.
- Juárez-Rodríguez, O., D. Argote-Espino, M. Santos-Ramírez y P. López-García.  
2018 Portable XRF analysis for the identification of raw materials of the Red Jaguar sculpture in Chichén Itzá, Mexico. *Quaternary International* 438: 148-159. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.09.012>
- Le Bas, M. J., R. W Le Maitre, A. Strekeisen y B. Zanetin.  
1986 A chemical classification of volcanic rock base on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27: 745-750.
- Malvicini, L.  
1974 Una manifestación hidrotermal de manganeso del Departamento Gaiman, provincia del Chubut. *Actas 5º Congreso Geológico Argentino* 2: 175-184. Buenos Aires.
- Malvicini, L. y E. Llambías.  
1974 Metalogénesis del manganeso en el Macizo Nordpatagónico. *Actas 5º Congreso Geológico Argentino* 2: 203-221. Buenos Aires.
- Márquez, M., M. Fernández, N. Menegatti y C. Navarrete.  
2017 Características del volcanismo jurásico inferior en Florentino Ameghino (43°42'S 66°28'O), provincia del Chubut: litofacies y petrografía. *Actas 18 Congreso Geológico Argentino* S1: 107-108. San Miguel de Tucumán.
- Menghin O.  
1957 Estilos del arte rupestre de Patagonia. *Acta Praehistórica* 1: 57-87.
- Pagès-Camagna, S., E. Laval y D. Vigears.  
2010 Non-destructive and in situ analysis of Egyptian wall paintings by X-ray diffraction and X-ray fluorescence portable systems. *Applied Physics* 100: 671-681. <https://doi.org/10.1007/s00339-010-5667-3>
- Pankhurst, R., T. Riley, C. Fanning y S. Kelley.  
2000 Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of magmatism associated with the Break-up of Gondwana. *Journal of Petrology* 41: 605-625.
- Panza, J., L. Sacomani, M. Rodríguez, E. Aragón, y C. Parisi.  
2002 Hoja Geológica 4366-27 Campamento Villegas. Provincia del Chubut. Boletín 330. SEGEMAR. Buenos Aires.
- Pérez de Micou C., C. Bellelli y C. A. Aschero.  
1992 Vestigios Minerales y vegetales en la determinación del territorio de explotación de un sitio. *Análisis espacial en arqueología* (comp. por

- L.A. Borrero y J.L. Lanata), pp. 53-82. Buenos Aires, Ediciones Ayllu.
- Podestá, M., C. Bellelli, P. Fernández, M. Carballido y M. Paniquelli  
2000 Arte rupestre de la Comarca Andina del Paralelo 42°: un caso de análisis regional para el manejo de recursos culturales. En: *Arte en las Rocas. Arte rupestre, menhires y piedras de colores en Argentina*. M. Podestá y M. de Hoyos Editoras. Sociedad Argentina de Antropología y Asociación Amigos del INAPL, pp. 175-201. Buenos Aires.
- Ramos, V.  
1999 Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina Anales* 29 (ed. por R. Caminos), pp. 41-96. Buenos Aires, Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Rousaki, A., C. Bellelli, M. Carballido Calatayud, V. Aldazábal, G. Custo, L. Moens, P. Vandenebeele, y C. Vázquez.  
2015 Micro-Raman analysis of pigments from hunter-gatherer archaeological sites of North Patagonia (Argentina). *Journal of Raman Spectroscopy* 46
- Sánchez Albornoz, N.  
2011 Nota histórica sobre la excavación del abrigo de Chacra Briones. *Relaciones* XXXVI: 371-377.
- Schuster, V.  
2019a Primer avance en el relevamiento y estudio del arte rupestre de Las Chapas. Valle medio-inferior del río Chubut (Prov. del Chubut, Patagonia Argentina). *Libro de Resúmenes III CONAR* (ed. por D. Rolandi), pp 71-71. Buenos Aires, INAPL.  
2019b Potencial fuente de aprovisionamiento de pigmentos rojos y ocre en la costa norte del Chubut (Patagonia Argentina). En (Eds.) *Arqueología de la Patagonia: el pasado en las arenas* (ed. por J. Gómez Otero, A. Svodoba y A. Banegas), pp 623-633. Puerto Madryn.
- Schuster, V. y G. Massaferrero.  
2020 Arqueología en el valle inferior-medio del río Chubut. Resultados de los trabajos exploratorios en la localidad Las Chapas, dto. Alsina. *CUHSO* 30(2): 405-425. <https://doi.org/10.7770/cuhso.v30i2.1952>
- Sepúlveda, M., S. Gutierrez, J. Carcamo, A. Oyaneder, D. Valenzuela  
2015 *In situ* x-ray fluorescence analysis of rock art paintings along the coast and valleys of the Atacama desert, northern Chile. *Journal of the Chilean Chemical Society* 60 (1): 2822-2826.
- Wainwright, I.N.M., Helwig, K., Podestá, M. M. y C. Bellelli.  
2000 Analysis of pigments from rock painting sites in Rio Negro and Chubut Provinces, Argentina. En M. Podestá y M. de Hoyos (Eds.), *Arte en las Rocas* (ed. por M. Podestá y M. de Hoyos), pp. 203-206. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Antropología, AINA.
- Wainwright, I.N.M., K. Helwig, D. Rolandi, C. Gradín, M. Podestá, M. Onetto, C.A. Aschero  
2002 Rock painting conservation and pigment analysis at Cueva de las Manos and Cerro de los Indios, Santa Cruz (Patagonia), Argentina. *13<sup>th</sup> Trienal Meeting*, pp. 582-588, ICOM Committee for Conservation, Rio de Janeiro.
- Yacobaccio, H.D., M. Paz Catá, P. Solá y M. S. Alonso.  
2008 Estudio arqueológico y fisicoquímico de pinturas rupestres en Hornillos 2 (Puna de Jujuy). *Estudios Atacameños* 36: 5-28.