

PRIMER ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA (AAN) DE FUENTES DE MATERIAS PRIMAS LÍTICAS DEL MACIZO DEL DESEADO (PROVINCIA DE SANTA CRUZ)

Darío Hermo^{}, Rita Plá^{**}, Lucía Magnin^{***}, Rodrigo Invernizzi^{****},
Mónica Moreno^{*****} y Bruno Mosquera^{*****}*

Fecha de recepción: 17 de julio de 2019
Fecha de aceptación: 7 de marzo de 2020

RESUMEN

En el Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, el paisaje está dominado por formaciones geológicas resultado de la actividad volcánica del Jurásico. En este marco geológico, la disponibilidad natural de rocas de buena calidad para la fabricación de herramientas de piedra es muy alta y variada. A su vez, el registro arqueológico del área presenta una larga secuencia de ocupaciones humanas que dan cuenta de su utilización desde el Pleistoceno final. En este trabajo se implementa la técnica de análisis por activación neutrónica (AAN) para caracterizar la variabilidad geoquímica de la Cantera del Rojo (CDR) y de otras fuentes de materia prima reconocidas en el área de estudio. A la vez, se explora la procedencia de artefactos líticos obtenidos durante las excavaciones en el sitio arqueológico Cueva Maripe. La técnica de AAN ha sido frecuentemente aplicada sobre obsidiana, pero prácticamente no se ha utilizado sobre otro tipo de rocas. Por lo tanto, este trabajo constituye la primera aplicación de esta metodología para

* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. División Arqueología del Museo de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. E-mail: dhermo@fcnym.unlp.edu.ar

** Departamento Química Nuclear. Gerencia de Química Nuclear y Ciencias de la Salud, Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica. E-mail: rpla@cae.cnea.gov.ar

*** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. División Arqueología del Museo de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. E-mail: lmagnin@fcnym.unlp.edu

**** Departamento Química Nuclear. Gerencia de Química Nuclear y Ciencias de la Salud, Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica. E-mail: invernizzi@cae.cnea.gov.ar

***** Departamento Química Nuclear. Gerencia de Química Nuclear y Ciencias de la Salud, Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica. E-mail: mmoreno@cae.cnea.gov.ar

***** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. División Mineralogía y Petrografía del Museo de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. E-mail: bruno_mosquera@hotmail.com

la identificación de fuentes de aprovisionamiento de rocas silíceas diferentes a la obsidiana. Los resultados indican asociaciones estadísticamente significativas entre las muestras de una de las fuentes primarias (CDR), lo que permitió establecer cierta identidad geoquímica. Los artefactos de Cueva Maripe provienen de la cantera D9 y de una fuente desconocida. Se destaca que esta primera aplicación de AAN sobre rocas silíceas para la resolución de problemáticas arqueológicas establece un hito de relevancia en el estudio de la procedencia de materias primas líticas en Argentina.

Palabras clave: *Cueva Maripe – cazadores-recolectores – Patagonia – fuentes de aprovisionamiento – rocas silíceas*

*FIRST NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF LITHIC RAW MATERIAL
SOURCES FROM DESEADO MASSIF (SANTA CRUZ PROVINCE)*

ABSTRACT

The landscape of Deseado Massif in Santa Cruz province, is dominated by Jurassic volcanic geologic formations. In this geologic framework, good quality lithic raw material has a great availability and variability. Regional archaeological record presents a long human occupation sequence starting in late Pleistocene. In this paper, neutron activation analysis is implemented to characterize geochemical variability in Cantera del Rojo (CDR) and other lithic quarries within the study area. In turn, the technique is applied on archaeological artifacts from Cueva Maripe site to evaluate raw material sources. Neutron activation analysis has been frequently used on obsidian, but very rarely on other kind of rocks. Thus, this paper constitutes the first application of this methodology to identify provisioning sources of different silica rocks. Results indicate statistically significant associations between one of the quarries (CDR), which allow us to establish a geochemical identity. The Cueva Maripe site artifacts analyzed were manufactured on raw materials sourced from D9 quarry and from another unknown source. This is the first application of neutron activation analysis to the study of silica rocks to resolve archaeological problems, so it represents a landmark on the raw material provenance studies in Argentina.

Keywords: *Cueva Maripe – hunter-gatherers – Patagonia – provisioning sources – siliceous rocks*

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas de relevancia dentro de la tecnología lítica es el estudio de las fuentes de aprovisionamiento, esto implica poder discernir de dónde proceden las materias primas (rocas, en este caso) con las que las poblaciones del pasado elaboraron sus herramientas. La manera de lograrlo es a través de estudios que permitan establecer similitudes entre las herramientas halladas en un sitio arqueológico y las posibles fuentes de materias primas (ej. sectores del paisaje con disponibilidad natural de rocas aptas para su manufactura). Esta información resulta de relevancia en arqueología para realizar inferencias acerca de la movilidad, el uso del espacio, la organización tecnológica, la territorialidad y la interacción social entre sociedades cazadoras-recolectoras (Ericson 1984; Torrence 1986; Aschero 1988; Geneste 1991; Franco y Borrero 1999; Berón 2006; Hermo *et al.* 2015, entre otros).

El área de estudio de nuestras investigaciones se ubica en el Macizo del Deseado, en la provincia de Santa Cruz. El paisaje está dominado por formaciones geológicas resultado de la actividad volcánica del Jurásico (Panza 2001). Por lo tanto, y a diferencia de otras regiones del

país, la disponibilidad natural de rocas de utilidad para la fabricación de herramientas de piedra es muy alta y variada (Miotti 1998; Cattáneo 2004; Hermo 2009; Hermo *et al.* 2015).

Las investigaciones en el área han estado enfocadas en el sitio arqueológico Cueva Maripe, un abrigo rocoso multicomponente ocupado desde hace 9500 años (Miotti *et al.* 2014). Como parte de los trabajos orientados a conformar una base regional de recursos líticos, realizamos prospecciones que permitieron registrar fuentes de diferentes materias primas (Hermo 2008, 2009; Magnin 2010; Hermo *et al.* 2015). Una de ellas, la Cantera del Rojo (CDR) (Hermo 2008, 2009) ha sido considerada como una fuente primaria de aprovisionamiento importante a escala local debido a su gran extensión. No obstante, con el avance de los trabajos de campo, hemos reconocido otras fuentes primarias de rocas macroscópicamente semejantes, como la Cantera D9 (D9) (Magnin 2010).

Para la caracterización de las rocas se realizaron comparaciones a ojo desnudo y análisis microscópicos de cortes delgados. No obstante, dada la variabilidad litológica interna de algunas canteras y la ubicuidad de las ignimbritas a nivel regional, no hemos podido encontrar indicadores que permitan distinguir entre las diferentes fuentes conocidas. Es por este motivo que nos orientamos a indagar con técnicas químicas, más precisas que las antes mencionadas, para la identificación de muestras arqueológicas líticas, y discernir su origen geológico (Summerhayes 2008; Pollard *et al.* 2011). En particular, aquí realizamos un análisis por activación neutrónica (AAN), metodología de amplio uso a nivel mundial para la resolución de problemas relacionados con la determinación de fuentes de aprovisionamiento de diferentes materiales utilizados para la confección de artefactos, como por ejemplo cerámica, metales y obsidias (Plá y Ratto 2000; Tykot 2004; Summerhayes 2008; Pollard *et al.* 2011), y de otras rocas silíceas (Gluscock y Speakman 2006; Prudêncio 2015; Kristensen *et al.* 2016). El AAN se ha aplicado recurrentemente en nuestro país en estudios de procedencia de obsidias arqueológicas (Stern 2004; Bellelli *et al.* 2006; Stern *et al.* 2013), pero no ha sido utilizado en otras rocas silíceas. Por lo tanto, este es el primer esfuerzo de evaluación de procedencia de rocas silíceas diferentes a la obsidiana, mediante activación neutrónica realizado en Argentina.

En este sentido, los objetivos de este trabajo son: a) explorar la variabilidad geoquímica de rocas silíceas de fuentes de aprovisionamiento prehistóricas reconocidas para nuestra área de estudio en el Macizo del Deseado; b) determinar la firma química de CDR a partir del análisis de muestras y la comparación con muestras de otros sectores del Macizo del Deseado (incluyendo artefactos del sitio Cueva Maripe); y c) evaluar el potencial aporte del análisis por activación neutrónica para este tipo de casos.

GEOLOGÍA DEL MACIZO DEL DESEADO Y FUENTES DE MATERIAS PRIMAS LÍTICAS

El Macizo del Deseado es parte de la “Provincia Silíceica Chön Aike” (Pankhurst *et al.* 1998, 2000; véase Moreira *et al.* 2009 y autores allí citados) y se encuentra ubicado en el norte de la provincia de Santa Cruz. La historia geológica del Macizo incluye episodios volcánicos ignimbriticos de edad jurásica que cubren más del 50% de la superficie actual (Moreira 2005, Hermo 2009). Así, el paisaje geológico está conformado por rocas volcánicas de alto contenido silíceo de formaciones jurásicas a cretácicas. Las más recurrentes en el área de estudio provienen de las formaciones Chön Aike (caracterizada por ignimbritas riolíticas, aglomerados y tobas riolíticas; escasas tufitas y pórfiros riolíticos y vetas epitermales de cuarzo), Bajo Grande (constituida por tobas, tufitas, areniscas y conglomerados, escasas calizas laminadas), Baqueró (caracterizada por tobas, cineritas, pelitas, areniscas gruesas a conglomerados) y La Matilde (que presenta tobas, tufitas e ignimbritas altamente silicificadas y es además portadora de troncos petrificados de araucariáceas) (Panza 2001). Las formaciones del Jurásico Medio a Superior (Chön Aike, La

Matilde, Bajo Pobre, Los Pirineos y Bajo Grande) muestran unidades conformadas por litologías similares, desde un punto de vista litofacial. Otra de las características del área es que parte de las unidades se presentan interdigitadas en relaciones estratigráficas complejas lo que dificulta su clara discriminación. Es por ese motivo que se ha decidido agruparlas en la mencionada Provincia Silíceica Chön Aike.

En términos del estudio arqueológico de fuentes de materias primas, el Macizo del Deseado se presenta como un sector particular caracterizado por una alta riqueza en rocas de buena calidad para la manufactura de artefactos (Miotti 1998; Hermo 2008, 2009; Franco *et al.* 2012; Hermo *et al.* 2015; Skarbutun 2015). Las formas de presentación de las rocas de utilidad para la talla sobre el terreno son diversas y se relacionan con la alta variabilidad litológica. Así, en los diferentes trabajos orientados a la conformación de la base regional de recursos líticos, hemos registrado una variabilidad que incluye desde exposiciones de rocas subaflorescentes y de pocos metros de superficie (en algunos casos pequeñas vetas de rocas y minerales formados en oquedades y grietas) hasta rasgos de gran extensión como filones expuestos (fuentes primarias, *sensu* Nami 1992) de longitudes que alcanzan varios cientos de metros (Hermo 2009; Hermo *et al.* 2015). Otro rasgo frecuente en el área de estudio son los depósitos que cubren niveles de pedimentos, depósitos de cordones litorales, planicies y conos aluviales, así como material de derrumbes y deslizamientos (Panza 2001). Estas unidades geomorfológicas concentran litologías provenientes de diferentes formaciones, transportadas y concentradas por agentes modificadores del paisaje, y constituyen fuentes secundarias (*sensu* Nami 1992) compuestas por clastos y/o rodados de diferentes tamaños.

Durante algo más de una década hemos aplicado diferentes técnicas con el fin de caracterizar la variabilidad litológica del área de estudio y así generar información que permita indagar sobre el origen de las materias primas líticas con que se confeccionaron los artefactos depositados en los sitios arqueológicos. En este sentido, hemos desarrollado metodologías de trabajos de campo, estudios petrográficos y análisis mediante sistemas de información geográfica (SIG) (Hermo 2008, 2009; Magnin 2010). En un reciente trabajo de síntesis (Hermo *et al.* 2015) se detallan los procedimientos metodológicos seguidos en cada caso, para finalmente proponer líneas de trabajo que permitirán profundizar las investigaciones en el área de estudio. Pese a esos avances, la gran riqueza de materias primas de utilidad para la talla, su amplia distribución y las dificultades para su caracterización en las escalas trabajadas, constituyen un problema central en las investigaciones y requieren la aplicación de metodologías específicas.

Las fuentes de materias primas detectadas hasta el momento (Figura 1) han sido descriptas con antelación (Hermo *et al.* 2015), por lo que en esta oportunidad daremos una breve descripción de ellas.

En lo referente a las fuentes primarias, la Cantera del Rojo (CDR) está compuesta por un afloramiento de ignimbrita silicificada de 300 m extensión, en el que se presentan principalmente tonalidades rojizas. No obstante, existe variabilidad macroscópica interna en cuanto a tonalidades (aunque prevalecen las tonalidades de rojo, violeta y marrón), grado de silicificación, tamaño de grano y presencia de inclusiones (Hermo 2008, 2009) (Figura 2 a y b).

La Cantera Rocky (CR) se localiza a 200 m al oeste de Cueva Maripe y ocupa una extensión de 3.500 m² (Hermo 2008, 2009); está constituida por ignimbritas riolíticas, muy silicificadas, de tonalidad castaño oscuro subaflorescentes sobre la Formación Chön Aike (Figura 2 c y d).

La Cantera Platense (CP) es un filón de rocas silíceas de coloraciones castaño-rojizo, con partes de color negro y blanco de la Formación Chön Aike, ocupa unos 1.250 m² de extensión y se ubica a 4,4 km al sursudoeste de Cueva Maripe (Magnin 2010) (Figura 2 e y f).

La Cantera F4 (CF4) se localiza a 2 km al noroeste de Cueva Maripe, corresponde a un asomo de la Formación Baqueró en una pequeña ventana de erosión sobre el basalto La Mercedes, según la hoja geológica (Panza 2001). Presenta nódulos subangulosos grandes, de

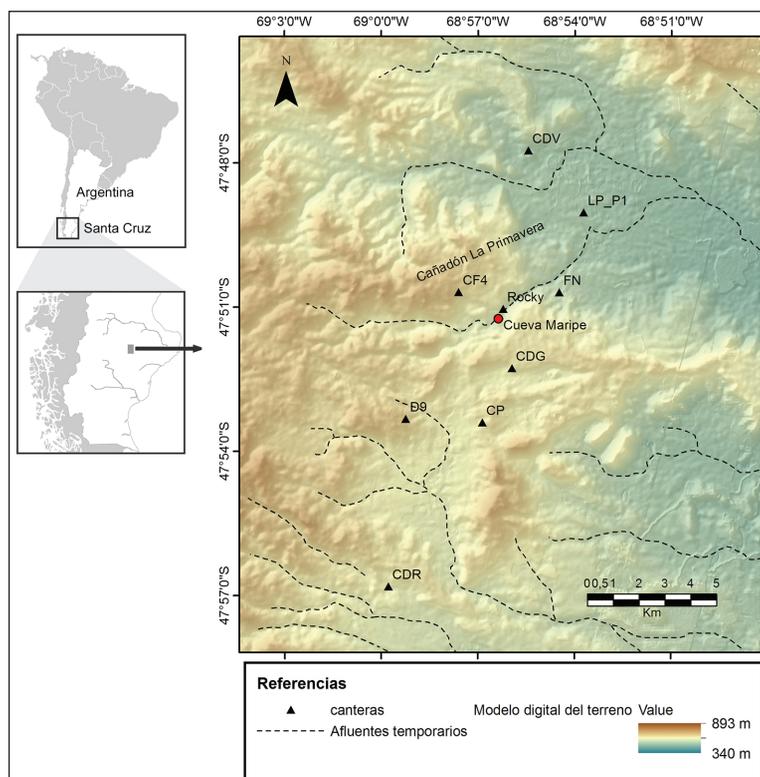


Figura 1. Ubicación de las fuentes de aprovisionamiento registradas en el área de estudio y muestreadas para este trabajo: Cantera del Rojo (CDR), Cantera Rocky (Rocky), Cantera Platense (CP), Cantera F4 (CF4), Filón Negro (FN), Cantera del Gris (CDG), Cantera D9 (CD9), Cantera del Verde (CDV) y Pedimento 1 de La Primavera (LP-P1)

buena calidad para la talla, con tonalidades que varían entre castaño y amarillo (Magnin 2010) (Figura 2 g y h).

El Filón Negro (FN), es una veta de menos de dos metros de longitud en la Formación Chön Aike, constituida por material silíceo que ha rellenado fisuras y cavidades dentro de las rocas volcánicas de esta formación (Figura 3 a y b).

La Cantera del Gris (CDG) es un afloramiento de sílice gris claro algo verdoso en forma de filón sobre la Formación Baqueró, según el mapa geológico (Panza 2001). Ocupa unos 5.200 m² y se localiza a 2,2 km al sur de Cueva Maripe (Magnin 2010) (Figura 3 c y d).

La Cantera D9 (CD9) corresponde a un crestón de ignimbrita riolítica de 10.000 m² de extensión, correspondiente a la Formación Chön Aike, presenta coloraciones predominantemente rojo con corteza rosada, y se localiza a 5,7 km al oeste sudoeste de Cueva Maripe (Magnin 2010) (Figura 3 e y f).

La Cantera del Verde (CDV) es un pequeño afloramiento (~5 m² de extensión) incluido en la Formación Baqueró, a unos 6,2 km al nornordeste de Cueva Maripe. La roca aflorante es una brecha volcánica silicificada cuyas coloraciones predominantes son diferentes tonalidades de verde y el castaño (Hermo 2008) (Figura 3 g y h).

La muestra denominada La Huella fue obtenida en la estancia homónima de un derrubio de la Formación La Matilde en el que se registraron numerosos clastos de ignimbritas silicificadas. Esta fuente de aprovisionamiento se ubica a 40 km de Cueva Maripe, y la muestra fue incluida

en el análisis con el fin de observar la posible variabilidad geoquímica entre las rocas del Macizo del Deseado (Figura 4 a y b).

Por último, se destaca una gran área de aprovisionamiento correspondiente a un pedimento de cientos de km² de extensión, al que denominamos LP-P1 (Hermo 2008, 2009; Hermo *et al.* 2015; Magnin 2010). Se trata de un depósito con guijarros de rocas útiles para la talla, que incluye ignimbritas (Figura 4 c y d).

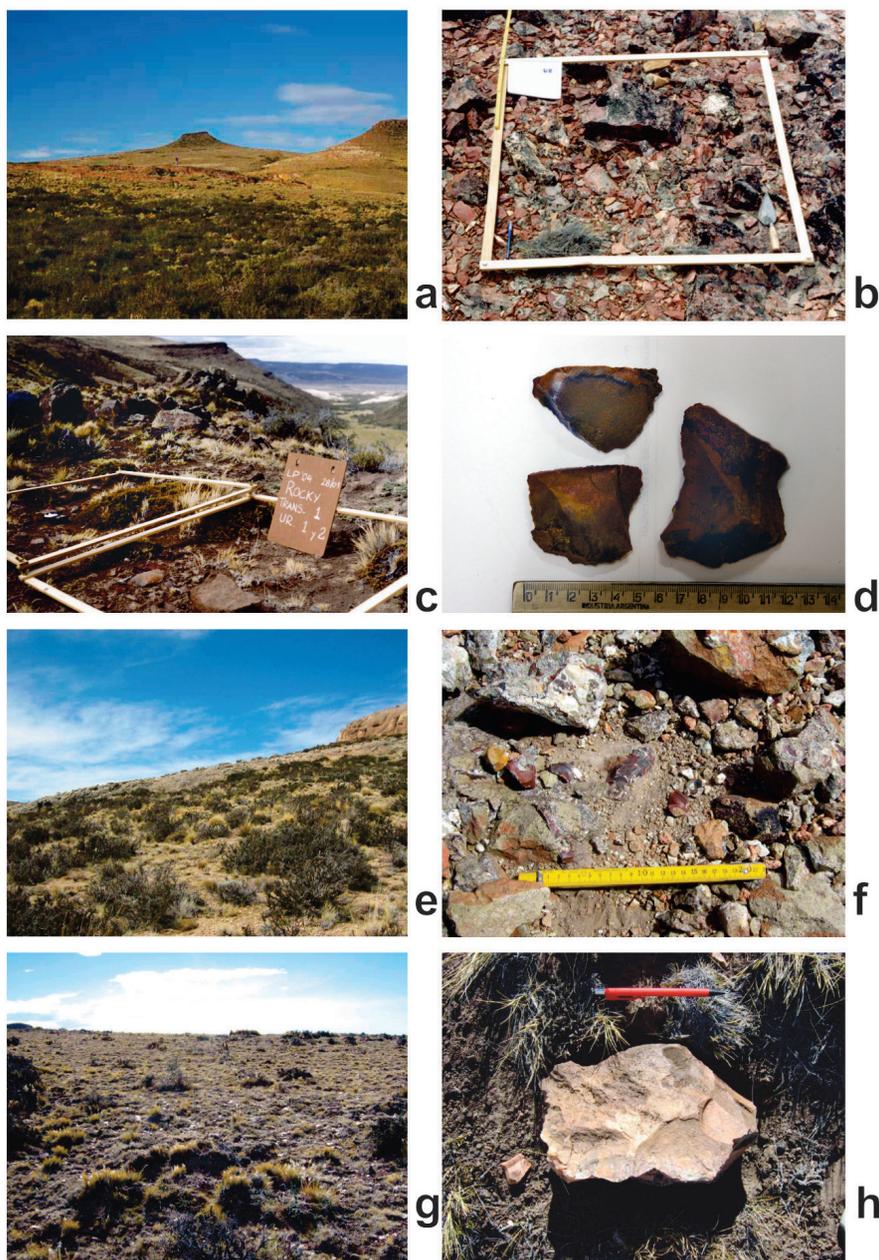


Figura 2. Vista general y detalle de materia prima aflorando en CDR (a y b); Rocky (c y d); CP (e y f); CF4 (g y h) (fotografías a-d modificadas de Hermo 2008; fotografías e-h modificadas de Magnin 2010)

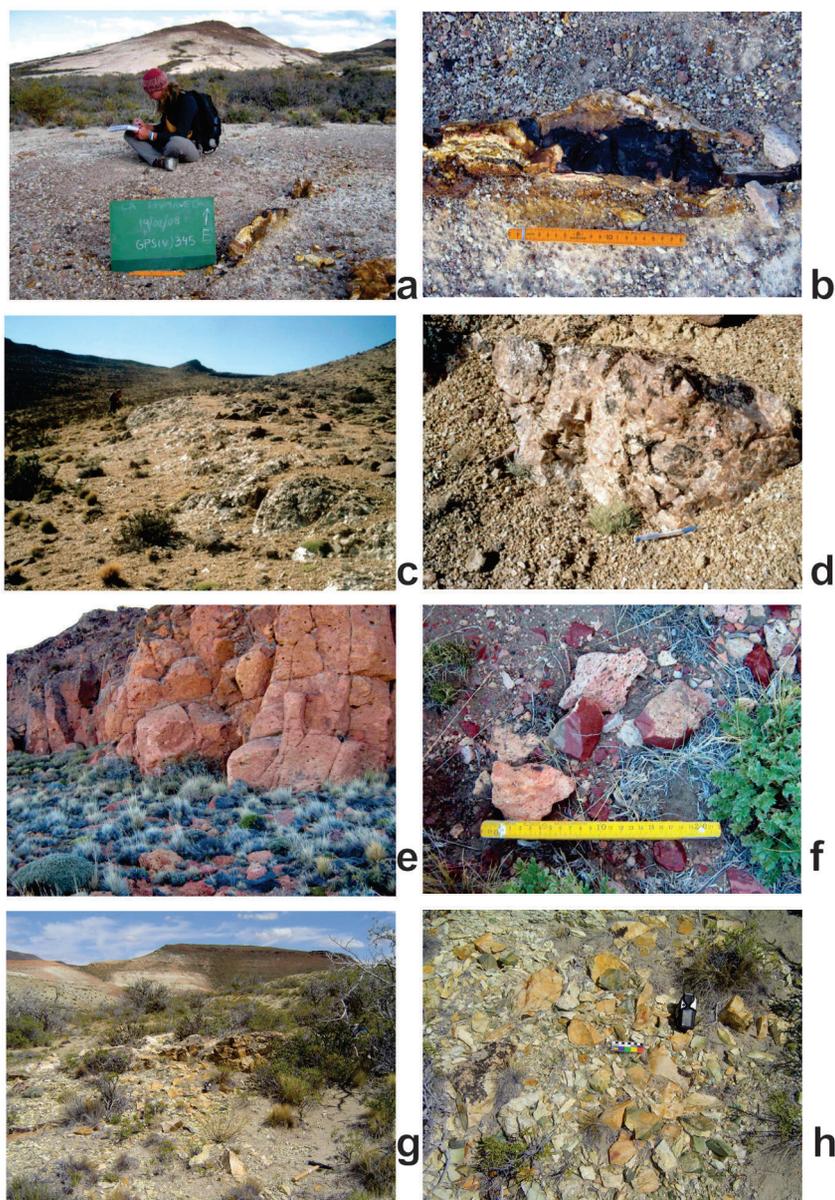


Figura 3. Vista general y detalle de materia prima aflorando en FN (a y b); CDG (c y d); D9 (e y f); CDV (g y h) (fotografías a-f modificadas de Magnin 2010; fotografías g-h modificadas de Hermo 2008)

CUEVA MARIPE Y LAS IGNIMBRITAS SILICIFICADAS

Las investigaciones arqueológicas realizadas en el sitio arqueológico Cueva Maripe han aportado un volumen importante de información acerca de las ocupaciones humanas en este sector del Macizo del Deseado. La secuencia cultural se inicia hacia *ca.* 9500 años AP y finaliza con ocupaciones históricas (Miotti *et al.* 2014). Los análisis sobre diferentes tipos de evidencias (lítica, arqueofaunística, sedimentológica, cronológica) han permitido plantear tres componentes

de ocupaciones cazadoras-recolectoras que, en términos generales, se corresponden con los lapsos Holoceno temprano (componente 1), Holoceno medio (componente 2) y Holoceno medio/Holoceno tardío (componente 3) (Miotti *et al.* 2014). Otra de las características del sitio es la presencia de arte rupestre, principalmente de negativos de manos y, en menor cantidad, otros tipos de motivos (*i.e.* zoomorfos esquemáticos, puntos) (Carden 2008).

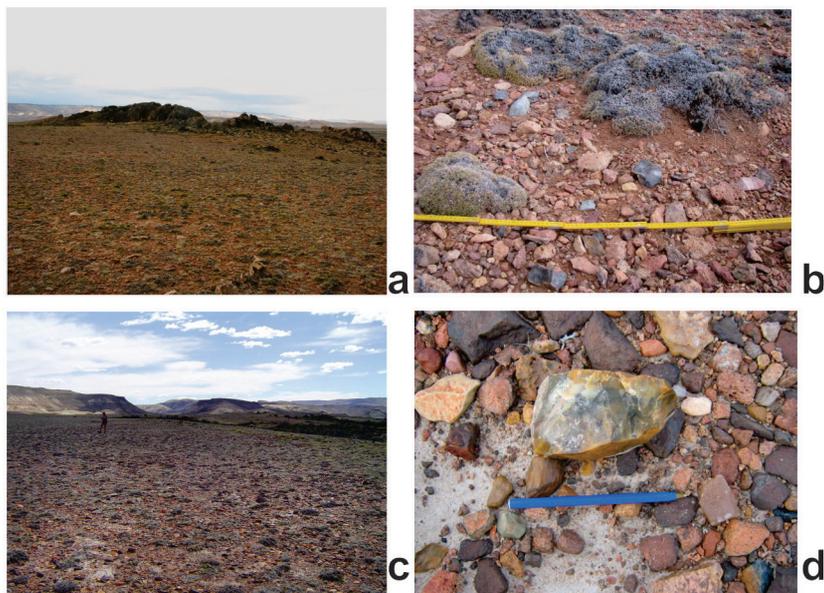


Figura 4. Vista de un creston de la Formación La Matilde y detalle de clastos de rocas ignimbríticas en La Huella (a y b); vista general del pedimento y detalle de materia prima en LP-P1 (c y d) (fotografías a-b modificadas de Magnin 2010)

La roca más representada entre los artefactos líticos de los distintos componentes arqueológicos es la ignimbrita silicificada (Hermo 2008; Hermo y Lynch 2017). La información publicada hasta el momento indica que una de las variedades de ignimbrita silicificada (ISG1) es la más abundante del total del conjunto analizado, ya que representa el 36,36% de los artefactos formatizados y el 42,8% de los desechos enteros y fracturados con talón. Al considerar la tendencia en los distintos componentes ocupacionales identificados en el sitio, se observa que la ISG1 alcanza el 40% entre los artefactos formatizados en los componentes 1 y 3. Los valores de desechos disminuyen desde el componente inferior (52,68%) hacia el superior (27,5%). Cabe destacar que se ha determinado otro tipo de ignimbrita silicificada (ISG2) siempre en bajas frecuencias (<6%) entre los artefactos formatizados y entre los desechos. El resto de las materias primas se observa en valores menores a 15% en todos componentes.

En trabajos anteriores (Hermo 2008, 2009) definimos estas variedades de ignimbritas silicificadas de la siguiente manera: ISG1 comprende un grupo que integra litologías con coloraciones que van desde castañas hasta rojizas, incluyendo variedades violáceas; presencia de inclusiones (riolíticas) y diferentes grados de silicificación. Estas ignimbritas silicificadas también se hacen presentes tanto en CDR como en el pedimento LP-P1, en toda su variabilidad. Por su parte, se definió como ISG2 a otras variedades de ignimbritas silicificadas, con tonalidades castañas oscuras a rojizas y sin inclusiones observables a ojo desnudo, afines con las descritas para la cantera Rocky. Estas determinaciones fueron apoyadas con observaciones de cortes petrográficos y en este trabajo retomamos esas muestras desde una metodología diferente.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

El análisis por activación neutrónica es una técnica analítica nuclear multielemental, de alta exactitud, precisión y sensibilidad que es especialmente adecuada para la determinación de las concentraciones de elementos químicos a nivel de trazas o ultratrazas pudiendo también analizarse elementos mayoritarios o minoritarios (IAEA 2003; Plá 2009). La técnica se basa en las transformaciones que ocurren en los núcleos de los átomos por interacción con neutrones y que generan productos radiactivos emisores gamma. El método relativo utilizado consiste en irradiar con neutrones muestras y uno o más patrones de composición conocida y adquirir el espectro gamma luego de un tiempo de decaimiento adecuado. La actividad de los emisores gamma generados siempre es proporcional a las concentraciones de los elementos que los originaron.

El AAN tiene una serie de ventajas operativas para el estudio de procedencias de materias primas: debido a que el volumen requerido de cada muestra es muy pequeño (entre 100 y 150 mg) puede ser entendida como no destructiva; se cuantifica un elevado número de elementos químicos y los resultados son pasibles de ser analizados con tests estadísticos.

El objetivo de analizar muestras de interés arqueológico mediante esta técnica reside en lograr una clasificación de éstas en grupos estadísticamente diferenciables entre sí, a partir de relaciones entre elementos químicos, sobre la base de la huella digital química de la materia prima del instrumento o artefacto elaborado con ella.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Técnicas Analíticas Nucleares (Departamento de Química Nuclear, Gerencia de Área Aplicaciones de la Tecnología Nuclear) de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Treinta y seis muestras provenientes de fuentes de aprovisionamiento y de artefactos de Cueva Maripe fueron molidas utilizando un molino Fritsch Analysette 3 Pulverisette 0 Spartan, secadas en estufa a 100 °C durante 24 horas y envasadas en ampollas de cuarzo para su irradiación, junto con patrones de cuantificación y muestras control.

La irradiación de 4,5 horas se realizó en el reactor RA-3 (8 Mw, $5.10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) del Centro Atómico Ezeiza. Luego de concluida la irradiación, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para la apertura de las ampollas y se trasvasaron a recipientes de polietileno para su medición. Se realizaron dos mediciones con aproximadamente una semana y un mes de decaimiento contados a partir del fin de la irradiación, empleando un detector de GeHP de 30% de eficiencia y resolución 1,3 keV para el pico de 1332 keV de ^{60}Co . Los elementos determinados fueron arsénico (As), bario (Ba), cerio (Ce), cobalto (Co), cromo (Cr), cesio (Cs), europio (Eu), hierro (Fe), hafnio (Hf), lantano (La), lutecio (Lu), rubidio (Rb), antimonio (Sb), escandio (Sc), samario (Sm), tantalio (Ta), terbio (Tb), torio (Th), uranio (U) e iterbio (Yb).

Durante el análisis de los resultados se calcula la distancia de Mahalanobis. Para cada muestra se determinan varios parámetros, en este caso, las concentraciones de elementos químicos. Cuanto más cercanas están dos muestras en un espacio definido por las n dimensiones de los parámetros determinados, más semejantes serán entre sí. Esto se extiende al conjunto de las muestras y se busca entonces establecer grupos de similitud sobre la base de los parámetros determinados. Ante la imposibilidad de graficar adecuadamente más de tres dimensiones, se realiza un análisis de componentes principales para reducir el número de variables sin perder información. Los componentes principales (el nuevo conjunto de variables) son multidimensionales, ya que a cada uno aportan las variables originales con distinto peso. La distancia de Mahalanobis es una medida de distancia que permite determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales. De esta manera, puede testarse la pertenencia de las distintas muestras a los grupos definidos (Falabella y Andonje 2009; Hazenfratz *et al.* 2011; Puente *et al.* 2017).

LA MUESTRA SELECCIONADA

La muestra seleccionada para el análisis busca describir la variabilidad geoquímica regional de fuentes de rocas aptas para la talla lítica conocidas en el área de estudio. Una de las canteras más estudiada arqueológicamente hasta el presente (Cantera del Rojo, CDR) se muestreó más intensamente a fin de evaluar la variabilidad geoquímica propia de este afloramiento donde se registraron diferencias macroscópicas importantes (véase apartado *Geología del Macizo del Desierto y fuentes de materias primas líticas*). En este sentido, se pretende evaluar si tal variabilidad macroscópica observada posee un correlato en la definición geoquímica. El resto de las muestras analizadas, correspondientes a otras fuentes de materias primas, se usan como control, para evaluar si la variabilidad geoquímica detectada al interior de CDR puede diferenciarse de la variabilidad geoquímica regional. Por otro lado, se analizaron artefactos de Cueva Maripe tallados en materias primas que macroscópicamente se determinan como ignimbritas silicificadas similares a la roca disponible en CDR.

En suma, esta selección estuvo regida por la idea de evaluar en qué medida CDR muestra una geoquímica diferente a la de otras fuentes de rocas del área, ya que vale recordar que muchas de estas rocas fueron generadas y modificadas por vulcanismos de composición muy similar. La inclusión de una muestra de una ignimbrita de la Formación La Matilde de La Huella (ca. 40 km al NE de Cueva Maripe) responde a esta inquietud.

Bajo estos criterios, se analizó un total de 36 muestras de rocas provenientes de nueve fuentes de materias primas (n=32 litos naturales) y del sitio arqueológico Cueva Maripe (n=4) (Tabla 1). La mayor cantidad de muestras (n=20) fueron tomadas en CDR, lo que permitió evaluar la variabilidad geoquímica interna de este afloramiento. Para ampliar la caracterización geoquímica del área de estudio se analizaron muestras de ignimbritas y otras rocas tomadas en el pedimento LP-P1 (n=4). Con este mismo criterio se incluyó una muestra (n=1) de cada una de estas fuentes: Rocky, La Huella, Cantera Platense, Cantera F4, Filón negro, Cantera del Gris, Cantera D9, y Cantera del Verde.

En cuanto a las muestras correspondientes a Cueva Maripe, para la realización del presente análisis por AAN decidimos incluir muestras artefactuales que fueron parte de las determinaciones mediante cortes petrográficos, a fin de complementar la determinación con diferentes metodologías (n=4). Tres fueron identificadas como ISG1 y su color varía entre coloración castaña, rojiza y violácea. Además, se agregó una cuarta muestra correspondiente a una lasca que forma parte de un evento de talla compuesto por lascas que remontan entre sí y con un núcleo, determinado como de ISG2.

Finalmente, es necesario aclarar que entendemos que la frecuencia de muestras para las fuentes es muy baja (n=1 en cada caso) y que por lo tanto sería metodológicamente erróneo caracterizar la firma geoquímica de cada una de esas fuentes. Algo similar sucede con las muestras de artefactos de Cueva Maripe, donde un n de cuatro muestras resulta insuficiente para determinar la relevancia de cada fuente para las sociedades que ocuparon el sitio durante el Holoceno. Sin embargo, dado el carácter exploratorio de este trabajo, y habiendo detallado los criterios de selección de la muestra, creemos que su análisis es un paso inicial que acompaña la caracterización de la fuente CDR y que resulta suficiente para alcanzar los objetivos propuestos. En virtud de ello, a continuación, se expone una serie de expectativas que orientarán la interpretación de los resultados.

Tabla 1. Determinación y origen de las muestras analizadas

Nº de muestra	Sitio	Muestra	Determinación muestra de mano o corte petrográfico	Referencia en Figura 1
1	CDR	CDR1	Ignimbrita/riolita	CDR
2	CDR	CDR2	Ignimbrita/riolita	CDR
3	CDR	CDR3	Ignimbrita/riolita	CDR
4	CDR	CDR4	Ignimbrita/riolita	CDR
5	CDR	CDR5	Ignimbrita/riolita	CDR
6	CDR	CDR6	Ignimbrita/riolita	CDR
7	CDR	CDR7	Ignimbrita/riolita	CDR
8	CDR	CDR8	Ignimbrita/riolita	CDR
9	CDR	CDR9	Ignimbrita/riolita	CDR
10	CDR	CDR10	Ignimbrita/riolita	CDR
11	CDR	CDR11	Ignimbrita/riolita	CDR
12	CDR	CDR12	Ignimbrita/riolita	CDR
13	CDR	CDR13	Ignimbrita/riolita	CDR
14	CDR	CDR14	Ignimbrita/riolita	CDR
15	CDR	CDR15	Ignimbrita/riolita	CDR
16	CDR	CDR16	Ignimbrita/riolita	CDR
17	CDR	CDR17	Ignimbrita/riolita	CDR
18	CDR	CDR18	Ignimbrita/riolita	CDR
19	CDR	CDR19	Ignimbrita/riolita	CDR
20	CDR	CDR20	Ignimbrita/riolita	CDR
21	LP-P1	LP1	Ópalo con minerales opacos y arcillas	LP_P1
22	LP-P1	LP2	Ignimbrita riolítica	LP_P1
23	LP-P1	LP3	Roca silicificada	LP_P1
24	LP-P1	LP4	Roca silicificada	LP_P1
25	Cueva Maripe	MA1	Ignimbrita	CM
26	Cueva Maripe	MA2	Ignimbrita	CM
27	Cueva Maripe	MA3	Roca silicificada (probablemente Ignimbrita brechosa o una brecha?)	CM
28	Cueva Maripe	MA4	Ignimbrita/riolita	CM
29	Rocky	Rocky	Ignimbrita/riolita	Rocky
30	La Huella	LH	Ignimbrita/riolita	40 km al NE de Cueva Maripe
31	Cantera Platense	LP5	“sílice”	CP
32	Cantera F4	LP6	Riolita	CF4
33	Filón negro	LP7	“sílice”	FN
34	Cantera del Gris	LP8	“sílice”	CDG
35	Cantera D9	LP9	Riolita	D9
36	Cantera del Verde	CV	Brecha silicificada	CDV

Referencias: Cantera del Rojo (CDR), Pedimento 1 de La Primavera (LP-P1).

EXPECTATIVAS

La caracterización mediante AAN y comparación de fuentes de materias primas silíceas y artefactos líticos arqueológicos manufacturados en esta materia prima es una metodología nueva para la arqueología argentina. Teniendo en cuenta el carácter novedoso y exploratorio de la propuesta, utilizamos una escala areal (mesoescala, *sensu* Delcourt y Delcourt 1991). Por lo tanto, el presente trabajo se orienta a explorar la variabilidad interna de una de las fuentes (CDR), la variabilidad entre diferentes fuentes detectadas en nuestra área de estudio, así como la asociación entre tales fuentes y artefactos líticos del sitio arqueológico Cueva Maripe. En este sentido proponemos las siguientes expectativas:

- 1- Que las muestras de CDR presenten homogeneidad en su composición debido a que proceden de un mismo filón.
- 2- Que las muestras procedentes del pedimento presenten una variabilidad mayor a CDR, ya que estas unidades geomorfológicas agrupan rocas de génesis diversa.
- 3- Que la variabilidad entre las muestras procedentes de las otras fuentes de aprovisionamiento (Rocky, LH, Cantera Platense, Cantera F4, Filón negro, Cantera del Gris, Cantera D9 y Cantera del Verde) sea muy alta como consecuencia de su dispersión en el paisaje.
- 4- Que las muestras artefactuales de Cueva Maripe presenten composiciones asignables a una o más fuentes de aprovisionamiento.

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS

La evaluación de los resultados exige la aplicación de métodos estadísticos avanzados que revelen la existencia de las relaciones de similitud entre muestras, sobre la base de la determinación de su huella química elemental (Tabla 2).

El procesamiento estadístico se realizó con el software GAUSS 8.0c 2014 del Laboratorio de Arqueometría y Reactor de la Universidad de Missouri (MURR), comenzando con la transformación logarítmica de los datos, para compensar las diferencias entre elementos mayoritarios y traza, y evitar el sesgo introducido por cifras mayores.

Para explorar posibles relaciones de similitud entre muestras, reduciendo su dimensionalidad y obteniendo un modelo más fácil de interpretar, se aplicó análisis de componentes principales (IAEA 2003) sobre una matriz de 36 muestras y 20 elementos químicos. Se obtuvieron 4 componentes que representan el 88,5% de la varianza total. La Figura 5 grafica los dos primeros componentes

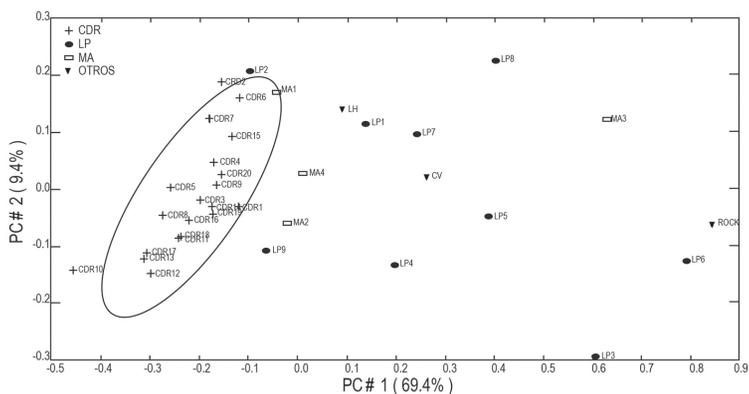


Figura 5. Representación de las dos primeras componentes del análisis de componentes principales (ACP) sobre la matriz de datos

Tabla 2. Concentraciones de elementos químicos expresadas en µg/g

	CDR1	CDR2	CDR3	CDR4	CDR5	CDR6	CDR7	CDR8	CDR9	CDR10	CDR11	CDR12	CDR13
As	74,0	20,78	73,2	40,6	81,8	22,10	37,9	201,0	79,3	1168	145,1	626	521,0
Ba	500	500	570	690	750	510	510	474	550	780	620	570	670
Ce	18,9	54,5	40,5	35,1	51,9	37,8	41,5	24,7	34,2	307,7	27,3	97,2	115,8
Co	0,78	0,469	1,26	0,88	0,706	0,112	0,251	0,505	0,393	0,85	1,95	1,53	1,24
Cr	1,75	1,44	5,5	4,2	6,9	1,83	3,0	3,9	3,0	12,8	5,9	7,3	3,2
Cs	6,35	7,12	6,80	6,95	6,76	5,74	7,18	7,72	5,71	6,33	6,65	7,00	7,16
Eu	0,364	0,61	0,497	0,486	0,69	0,562	0,71	0,571	0,394	1,01	0,474	0,495	0,437
Fe	9900	890	10140	5260	8890	1864	2040	19580	6790	38250	16320	13040	16330
Hf	2,53	2,92	2,80	2,77	3,57	2,30	2,95	3,82	2,64	3,31	3,34	2,54	3,20
La	12,42	41,06	24,18	22,13	38,13	22,84	22,08	22,07	22,99	274,5	22,03	79,0	94,1
Lu	0,341	0,472	0,410	0,384	0,404	0,363	0,477	1,050	0,343	0,678	0,602	0,319	0,456
Rb	163	202	203	200	200	185	186	180	173	188	213	162	186
Sb	84,3	33,4	75,1	52,6	99,2	36,0	54,4	100,4	72,6	185,2	145,0	219,5	151,1
Sc	2,723	3,128	3,624	3,161	4,435	2,598	3,166	3,777	3,540	9,44	4,572	4,957	12,19
Sm	1,249	4,469	3,343	3,480	4,184	3,861	4,132	2,555	3,016	9,70	2,245	4,614	3,091
Ta	1,03	0,90	0,97	1,15	1,19	0,87	0,87	1,18	0,85	1,30	0,64	0,62	0,78
Tb	0,34	0,60	0,47	0,41	0,52	0,42	0,67	0,80	0,30	0,65	0,60	0,40	0,22
Th	8,86	12,11	12,86	12,27	20,27	10,13	12,45	12,19	10,91	28,04	10,23	11,71	12,25
U	1,97	1,99	2,19	2,60	2,07	2,05	3,31	3,69	1,75	3,6	2,80	2,92	3,05
Yb	1,65	2,79	1,84	2,44	2,15	2,16	2,83	6,07	1,89	3,60	2,97	1,74	1,92

(Tabla 2. Continuación)

	CDR14	CDR15	CDR16	CDR17	CDR18	CDR19	CDR20	LP1	LP2	LP3	LP4	MA1	MA2
As	93,8	268,6	217,3	482,1	142,8	145,7	119,6	14,08	6,25	22,54	54,4	11,56	67,6
Ba	530	346	660	840	550	440	590	359	1130	148	386	411	39
Ce	23,1	26,4	32,6	103,7	42,8	28,7	25,6	24,4	40,1	1,97	7,68	53,1	35,0
Co	0,48	0,180	0,78	1,43	0,217	0,51	0,176	0,269	0,201	0,556	4,36	0,794	0,267
Cr	3,8	5,4	5,8	4,1	1,77	2,7	2,0	3,6	3,9	2,7	27,7	4,4	2,5
Cs	6,08	10,94	6,58	6,88	5,52	8,09	7,48	2,32	4,48	0,28	2,83	7,09	2,30
Eu	0,447	0,410	0,467	0,549	0,474	0,353	0,378	0,231	0,544	0,023	0,130	0,616	0,288
Fe	13160	28670	12230	13660	1550	15880	6900	3660	1240	21130	18870	7710	9160
Hf	2,66	3,47	3,09	2,94	2,52	2,46	2,78	0,77	2,50	0,0143	0,95	2,31	3,32
La	14,92	19,16	24,42	86,7	21,54	22,67	20,11	4,13	22,09	0,832	4,15	31,34	22,16
Lu	0,472	0,571	0,404	0,343	0,328	0,374	0,413	0,217	0,344	0,074	0,102	0,422	0,341
Rb	203	142	215	183	214	142	204	27,7	212	2,8	22,8	125	4,6
Sb	83,3	128,2	67,6	140,1	23,64	52,8	42,8	3,21	34,1	10,78	3,27	2,17	52,9
Sc	3,447	2,486	3,624	11,47	3,767	3,484	2,958	2,975	2,429	0,0724	1,933	2,890	1,367
Sm	2,189	2,088	3,075	3,201	3,196	1,822	2,000	1,609	3,461	0,2236	0,924	4,599	3,815
Ta	0,69	0,82	1,06	0,68	0,64	0,70	0,74	0,184	0,70	0,085	0,255	0,69	0,544
Tb	0,44	0,45	0,64	0,34	0,28	0,52	0,28	0,45	0,62	0,054	0,18	0,38	0,264
Th	8,99	10,45	9,93	12,33	9,84	11,62	9,40	6,40	10,58	0,161	1,08	10,39	8,43
U	2,05	1,25	2,29	3,10	2,10	1,80	2,29	0,81	2,14	2,49	0,92	1,07	7,75
Yb	2,45	3,35	2,09	1,98	1,94	2,07	2,48	1,51	2,26	0,259	0,635	2,85	1,76

(Tabla 2. Continuación)

	MA3	MA4	Rocky	LH	LP5	LP6	LP7	LP8	LP9	CDV
As	2,82	37,5	3,09	43,7	28,6	3,56	16,96	1,09	101,5	33,6
Ba	337	106	ND*	80	43	ND**	142	177	125	52
Ce	3,62	34,5	0,58	25,4	4,67	ND***	7,43	13,02	35,7	9,47
Co	0,140	0,269	1,050	0,513	0,822	1,18	0,274	0,811	1,67	3,68
Cr	0,65	4,0	0,58	7,1	1,91	1,31	1,41	2,15	7,4	2,50
Cs	1,31	1,97	0,43	1,86	1,37	0,44	1,70	2,77	2,40	0,99
Eu	0,091	0,326	0,0304	0,373	0,046	0,0083	0,152	0,219	0,297	0,107
Fe	1244	2200	7610	2460	946	11140	571	1840	12290	2120
Hf	0,047	3,14	0,045	1,72	0,224	0,031	0,95	0,45	4,01	0,96
La	2,602	19,37	0,783	12,42	1,993	0,734	4,10	4,08	16,86	5,43
Lu	0,063	0,410	0,0028	0,176	0,092	0,0035	0,160	0,154	0,363	0,063
Rb	6,4	4,4	5,7	79,8	7,5	5,2	7,9	25,9	8,5	55,0
Sb	0,314	29,50	0,150	0,813	9,58	0,242	7,51	0,266	50,7	1,373
Sc	0,339	1,207	0,1492	2,407	0,451	0,112	1,216	0,884	1,485	0,995
Sm	4,62	3,228	2,92	4,082	4,04	3,51	1,059	1,168	3,611	1,326
Ta	0,030	0,55	0,039	0,481	0,078	0,059	0,130	0,150	0,67	0,542
Tb	0,053	0,27	0,017	0,38	0,104	0,062	0,146	0,173	0,35	0,165
Th	0,563	7,75	0,134	7,18	0,835	0,139	3,39	0,66	7,27	1,85
U	4,30	5,97	5,93	1,56	2,67	6,33	2,81	1,41	2,24	0,83
Yb	0,085	2,33	0,073	1,272	0,440	0,0155	1,324	1,009	1,99	0,520

• No detectado (ND), límite de detección= 11 µg/g; No detectado (ND), límite de detección = 13 µg/g; No detectado (ND), límite de detección = 0,53 µg/g

y muestra un agrupamiento definido por una elipse de confianza al 95% que incluye las muestras CDR salvo CDR10. En esta representación de los dos primeros componentes, se observan otras muestras (CDR2, MA1 y LP2) muy cercanas a la elipse.

Para confirmar la existencia del agrupamiento observado en la Figura 5, se exploró la pertenencia de las muestras cercanas a la elipse de confianza: CDR2, MA1 y LP2, calculando la distancia de Mahalanobis. Para ello, se definió un grupo “núcleo” integrado por estas tres muestras y las CDR incluidas en el agrupamiento original, y el resto de las muestras fue asignado a un agrupamiento denominado “Desconocido”. La Tabla 3 muestra las probabilidades de pertenencia a cada grupo (Núcleo y Desconocido).

Todas las muestras dieron la probabilidad de pertenencia esperada (Tabla 3, ver columna Mejor Grupo) salvo la muestra MA1 para la que se obtuvo 30.4% de probabilidad de pertenencia al grupo de muestras desconocidas.

Tabla 3. Probabilidades porcentuales multivariadas de pertenencia al grupo núcleo y a un agrupamiento desconocido, según la distancia de Mahalanobis, calculados considerando los cuatro primeros componentes

Muestra	Núcleo	Desconocido	Mejor grupo
CDR1	27.0982045	7.18763893	Núcleo
CDR11	88.1793161	11.0770189	Núcleo
CDR12	62.5192297	5.38556168	Núcleo
CDR13	33.4922928	2.88205998	Núcleo
CDR14	84.600639	6.66337627	Núcleo
CDR15	18.1079164	8.06136725	Núcleo
CDR16	94.2252016	9.40786735	Núcleo
CDR17	24.2095874	2.94749764	Núcleo
CDR18	90.0964967	2.93729222	Núcleo
CDR19	75.1640875	12.6737406	Núcleo
CDR2	26.0739686	1.51529048	Núcleo
CDR20	66.1731918	1.97658976	Núcleo
CDR3	94.9586436	11.7518125	Núcleo
CDR4	97.6434845	7.22303985	Núcleo
CDR5	62.7652832	5.21013792	Núcleo
CDR6	48.5007571	0.51863985	Núcleo
CDR7	45.1347881	1.84208064	Núcleo
CDR8	12.857911	9.11966475	Núcleo
CDR9	92.1462677	4.85434133	Núcleo
LP2	19.5643885	0.2908549	Núcleo
MA1	0.2512092	30.4018996	Desconocido
CDR10	0.00988197	2.1352887	Desconocido
CV	1.6143E-11	62.2606805	Desconocido
LH	2.0084E-11	60.1466776	Desconocido
LP1	1.41E-09	81.3536476	Desconocido

(Tabla 3. Continuación)

Muestra	Núcleo	Desconocido	Mejor grupo
LP3	0	19.2224462	Desconocido
LP4	1.5077E-11	36.1061582	Desconocido
LP5	2.0661E-11	83.8273256	Desconocido
LP6	6.7613E-12	36.890116	Desconocido
LP7	7.7383E-12	66.285486	Desconocido
LP8	2.3093E-12	46.9592557	Desconocido
LP9	2.5224E-11	67.5981583	Desconocido
MA2	3.2641E-12	62.0667819	Desconocido
MA3	0	33.3841812	Desconocido
MA4	0	67.9498601	Desconocido
ROCKY	1.1446E-11	51.3240948	Desconocido

Las probabilidades porcentuales multivariadas de pertenencia a los grupos núcleo y desconocido fueron calculadas considerando los cuatro primeros componentes obtenidos, es decir, los componentes obtenidos al aplicar el análisis de componentes principales con Gauss (Componente Principal 1 a 4). Al ser las representaciones bidimensionales, solo se ve el agrupamiento según los componentes representados, los cuales tienen diferentes aportes de los elementos químicos determinados. Es por eso, que para la muestra MA1, a pesar de la indicación de pertenencia al grupo desconocido, la representación de los dos primeros componentes (Figura 6), muestra la posición de la muestra sobre la elipse de confianza, pero en las representaciones de los componentes 1 vs. 3 (Figura 7) y 1 vs. 4 (Figura 8), la muestra aparece claramente fuera de la elipse, mientras que el resto del agrupamiento se mantiene.

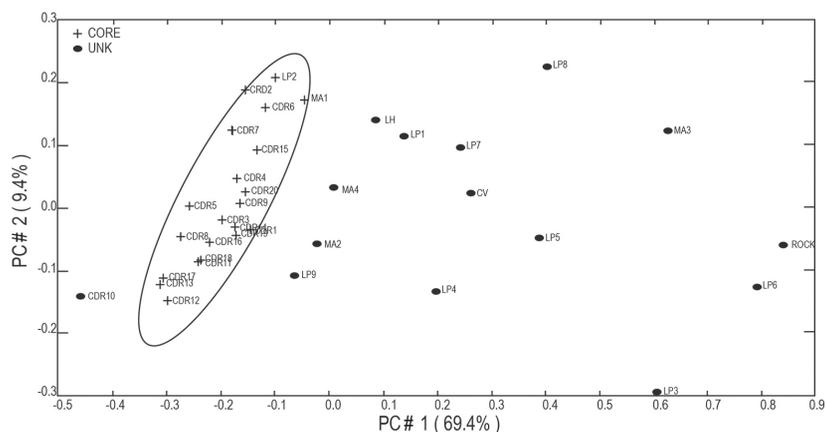


Figura 6: Análisis de componentes principales, representación de los dos primeros componentes con elipse de confianza al 95%, con muestras reasignadas respecto a la elipse de confianza original

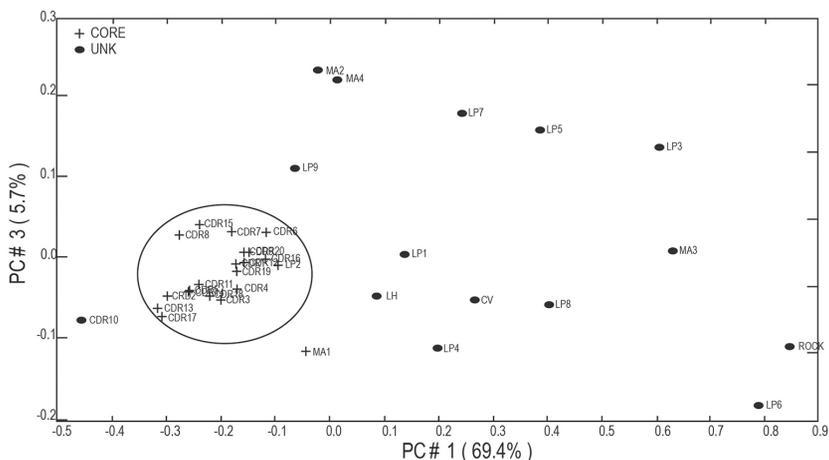


Figura 7. Análisis de componentes principales, representación de los componentes 1 y 3, con elipse de confianza al 95%, con muestras reasignadas respecto a la elipse de confianza original

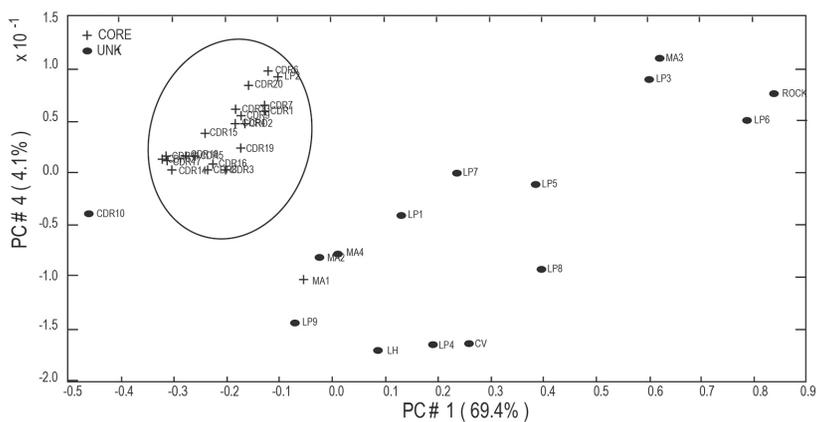


Figura 8. Análisis de componentes principales, representación de los componentes 1 y 4, con elipse de confianza al 95%, con muestras reasignadas respecto a la elipse de confianza original

Como último paso se redefinieron los grupos según: todas las muestras CDR (excepto CDR10, denominado G1); otro grupo conformado por MA1, MA2, MA4 y LP9 (todas muestras cercanas a la elipse, denominado G2); y el resto de las muestras dispersas, denominado G3. Se muestran los gráficos de los componentes 1 vs. 2 (Figura 9) y 1 vs. 4 (Figura 10) del análisis de componentes principales.

En todos los casos, se observa un claro agrupamiento de las muestras CDR, con la excepción de CDR10, lo que indica que comparten la misma huella química determinada sobre la base de los elementos analizados. El agrupamiento postulado como G2, aparece como tal en la representación de los distintos componentes, pero al contener pocas muestras, éstas se encuentran algo dispersas dentro de la elipse de confianza

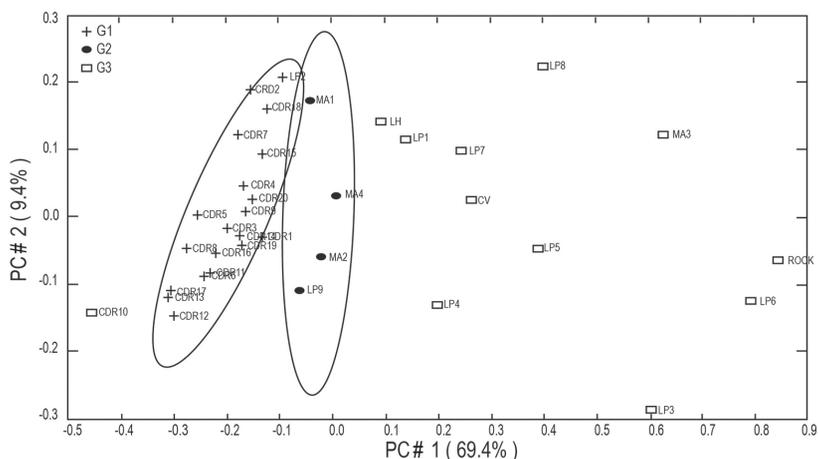


Figura 9. Análisis de componentes principales, representación de los componentes 1 y 2, con elipses de confianza al 95%, mostrando los grupos redefinidos sobre la base de los cálculos de pertenencia

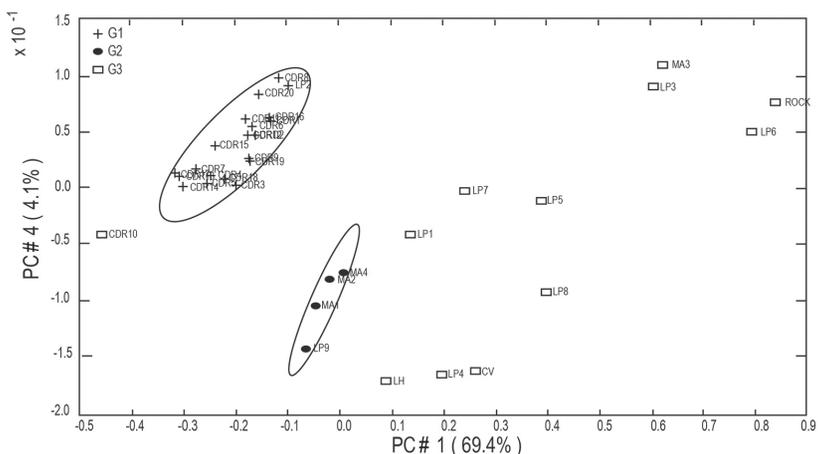


Figura 10. Análisis de componentes principales, representación de los componentes 1 y 4, con elipses de confianza al 95%, mostrando los grupos redefinidos sobre la base de los cálculos de pertenencia

DISCUSIÓN

Los análisis realizados sobre las muestras de materias primas líticas del Macizo del Deseado y de artefactos provenientes del sitio Cueva Maripe nos permiten discutir algunas cuestiones relacionadas con la caracterización geoquímica de las rocas, así como de la metodología utilizada.

Dichos análisis han permitido establecer, en primer lugar, que las muestras CDR presentan homogeneidad en su composición (confirmando la expectativa 1 planteada más arriba), lo que queda comprobado por el recurrente agrupamiento de las 20 muestras procedentes de esa cantera a través de los diferentes análisis de componentes principales y de la prueba distancia de Mahalanobis. Cabe recordar que el filón de CDR contiene variaciones de tonalidades, silicificación y calidad para la talla, sin embargo, tal variabilidad no se encuentra representada en la composición geoquímica. Esto significa que la metodología aplicada aquí es efectiva para la determinación de

la procedencia de artefactos tallados, en particular es útil para aplicar en esta materia prima que representa las dificultades mencionadas para realizar esta tarea a ojo desnudo.

Por su parte, las muestras correspondientes al pedimento denominado LP-P1, que ya a ojo desnudo mostraban diferencias litológicas, no se han agrupado en ninguna de las pruebas realizadas. Esto se corresponde con nuestras expectativas iniciales (Expectativa 2), no obstante, cabe destacar que una de las muestras (LP2), identificada previamente como una ignimbrita silicificada similar a las observadas en CDR, se mostró siempre en asociación con las muestras provenientes de esa cantera. Este resultado puede ser explicado por los procesos geomórficos que originan los pedimentos, ya que estos reúnen materiales provenientes de diferentes formaciones geológicas transportados por acción de la gravedad desde amplios sectores del paisaje y acumulados en los fondos de las cuencas. En estas unidades, luego de cambios ocurridos en el nivel de base regional, comienza a prevalecer la erosión eólica y fluvial y se acumulan clastos de litologías diversas (Gómez y Magnin 2019). La metodología resulta entonces, muy prometedora como una vía de aproximación al estudio de fuentes de abastecimiento secundarias con alta diversidad litológica.

En concordancia con la expectativa 3, las muestras correspondientes a las otras fuentes de aprovisionamiento (Rocky, LH, Cantera Platense, Cantera F4, Filón negro, Cantera del Gris, Cantera D9 y Cantera del Verde) mostraron una muy alta dispersión. Esto es interesante desde el punto de vista metodológico, ya que teniendo en cuenta que la geología regional se caracteriza por la enorme abundancia de rocas silíceas resultante de la actividad volcánica terciaria y de los procesos posteriores, cabía la posibilidad de que las muestras (más allá de las diferencias observables a ojo desnudo) tuvieran cierta homogeneidad geoquímica. Mediante los resultados obtenidos se comprueba que la diversidad de litologías del área de estudio puede distinguirse con estas técnicas geoquímicas. Por lo tanto, los datos obtenidos reflejan la riqueza de materias primas líticas presentes en el Macizo del Deseado.

Finalmente, los resultados correspondientes a las muestras artefactuales de Cueva Maripe indican que estas presentan composiciones geoquímicas asignables al menos a dos de las fuentes de aprovisionamiento analizadas. Las muestras MA1, MA2 y MA4 se agruparon con la muestra LP9 en todos los tests realizados. Esto indica que la fuente de procedencia de la roca en la que se tallaron esos artefactos es la cantera D9 (Formación Chön Aike). En este lugar aflora una ignimbrita de muy buena calidad para la talla, que macroscópicamente es muy similar a la de CDR (*i.e.* tonalidad, tamaño de grano, calidad para la talla). La muestra restante tomada en Cueva Maripe (MA3), *a priori* definida como una brecha/ignimbrita brechosa, se distanció del grupo formado por las demás muestras de Cueva Maripe y de la cantera D9, lo que implica la existencia de una fuente diferente para este tipo de rocas.

En suma, los análisis por activación neutrónica coinciden con las expectativas planteadas, abriendo nuevas preguntas a la investigación y sugiriendo diversas posibilidades para la aplicación de esta metodología. En este sentido, el AAN se mostró como una excelente herramienta para indagar sobre la procedencia de materias primas líticas en investigaciones arqueológicas de regiones con abundancia de rocas silíceas. Como principal ventaja destacamos que se trata de una técnica que puede ser entendida como no destructiva por la pequeña masa involucrada en el análisis y permite cuantificar un elevado número de elementos químicos, así como aplicar test estadísticos a los resultados. En el caso de estudio aquí tratado, la aplicación de AAN resultó en un avance en la caracterización e identificación de las materias primas líticas utilizadas por las sociedades cazadoras-recolectoras que habitaron el Macizo del Deseado.

CONCLUSIONES

Esta primera aplicación de AAN sobre rocas silíceas para la resolución de problemáticas arqueológicas establece un hito de relevancia en el estudio de la procedencia de materias primas

líticas en Argentina. En los trabajos previos, las comparaciones, ya sea a ojo desnudo o mediante cortes petrográficos, nos permitieron plantear diferentes ideas acerca de la base regional de recursos líticos y del uso de las rocas en Cueva Maripe. Los nuevos datos presentados en este trabajo, nos permiten ajustar nuestras determinaciones con un grano de resolución mucho más fino. En lo referente al caso de estudio, alcanzamos una definición más precisa de la variabilidad litológica presente en las fuentes de materias primas líticas registradas en nuestra área de estudio en el Macizo del Deseado. Se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre las muestras de Cantera del Rojo, lo que permitió establecer la identidad geoquímica del filón. Además, estos resultados permiten estimar que la procedencia de tres de las cuatro muestras artefactuales correspondientes a Cueva Maripe es la cantera D9, ubicada a 5,7 km del abrigo rocoso.

Por último, la base de datos resultante de los análisis constituye un *corpus* empírico de gran utilidad para profundizar los estudios de la base regional de los recursos líticos y las formas en que los humanos utilizaron esos recursos en el pasado.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Secretaría de Cultura de Pico Truncado –especialmente a José Silva– y a las familias Koprowsky y Freile, por el apoyo y el cariño que nos brindan en cada trabajo de campo. También a Laura Salgán y Pablo Ambrústolo por las sugerencias realizadas en las revisiones. El aporte de Ana Feely fue fundamental para que este artículo se vea como se ve, le agradecemos su empeño y buena onda. El presente trabajo fue realizado como parte de los proyectos PIP CONICET 00153, PICT ANPCyT N°0102, UNLP N/805 y UNLP N/831, y UNTreF 32-525I.

BIBLIOGRAFÍA

- Aschero, C.
1988. De punta a punta: producción, mantenimiento y diseño en puntas de proyectil precerámicas de la Puna argentina. *Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*: 219-229. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Bellelli, C., F. X. Pereyra y M. Carballido Calatayud
2006. Obsidian localization and circulation in northwestern Patagonia (Argentina): sources and archaeological record. En M. Maggetti y B. Messiga (eds.), *Geomaterials in Cultural Heritage*: 241-255. Geological Society, Special Publications, Londres.
- Berón, M.
2006. Base regional de recursos minerales en el occidente pampeano. Procedencia y estrategias de aprovisionamiento. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXXI*: 47-88.
- Carden, N.
2008. *Imágenes a través del tiempo. Arte rupestre y construcción social del paisaje en la Meseta Central de Santa Cruz*. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires.
- Cattáneo, G. R.
2004. Desarrollo metodológico para el estudio de fuentes de aprovisionamiento lítico en la meseta central santacruceña, Patagonia argentina. *Estudios Atacameños* 28: 105-119.
- Delcourt, H. R. y P. A. Delcourt
1991. *Quaternary Ecology. A Paleoeological Perspective*. Chapman & Hall, Tennessee.

Ericson, J.

1984. Toward the Analysis of Lithic Reduction Systems. En J. Ericson y B. Purdy (eds.), *Prehistoric Quarries and Lithic Production*: 11-22. Cambridge University Press. Cambridge.

Falabella, F. y O. Andonie

2009. Análisis por activación neutrónica instrumental de alfarería Aconcagua en el valle del río Maipo, Chile. En L. Vetter, R. Vega-Centeno, P. Olivera y S. Petrick, (eds.), *Actas II Congreso Latinoamericano de Arqueometría*: 215-228. Lima, Perú.

Franco, N. y L. Borrero

1999. Metodología de análisis de la estructura regional de recursos líticos. En C. Aschero, A. Korstanje y P. Vuoto (eds.), *En los tres reinos. Prácticas de recolección en el Cono Sur de América*: 27-37. Magua Publicaciones, San Miguel de Tucumán.

Franco, N., P. Ambrústolo y N. Cirigliano

2012. Disponibilidad de materias primas líticas silíceas en el extremo sur del Macizo del Deseado: Los casos de La Gruta y Viuda Quenzana (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Magallania* 40 (1): 279-286.

Geneste, J. M.

1991. L'approvisionnement en matières premières dans les systèmes de production lithique: la dimension spatiale de la technologie. En R. Mora, X. Terradas, A. Parpal y C. Plana (eds.), *Tecnología y cadenas operativas líticas. Treballs d'arqueologia* 1: 1-36.

Glascok, M. y R. Speakman

2006. Geochemistry: Elements. En V. P. Steponaitis, J. D. Irwin, T. E. McReynolds y C. R. Moore (eds.), *Stone quarries and sourcing in the Carolina slate belt. Research Report No. 25*. Research Laboratories of Archaeology. The University of North Carolina at Chapel Hill.

Gómez, J. C. y L. Magnin

2019. Mapa de unidades geomorfológicas del Parque Nacional Bosques Petrificados de Jaramillo (Santa Cruz, Argentina) para su aplicación geoarqueológica. *Investigaciones Geográficas* 98. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59739>

Hazenfratz, R., G. Mongeló, C. S. Munita y E. G. Neves

2011. Comparison of INAA elemental composition data between Lago Grande and Osvaldo archaeological sites in the central Amazon: a first perspective, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 291: 43-48,

Hermo, D.

2008. Los cambios en la circulación de las materias primas líticas en ambientes mesetarios de Patagonia. Una aproximación para la construcción de los paisajes arqueológicos de las sociedades cazadoras-recolectoras. Tesis Doctoral Inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

2009. Estructura de los recursos líticos y paisajes arqueológicos en el Nesocratón del Deseado (Santa Cruz, Argentina). *Revista Arqueología Suramericana/Arqueología Sul-americana* 5 (2): 178-203.

Hermo, D. y V. Lynch

2017. Análisis de la tecnología lítica del sitio Cueva Maripe (Santa Cruz, Argentina). *Revista Española de Antropología Americana* 47: 69-90.

Hermo, D., L. Magnin, P. Moreira y S. Medel

2015. Variabilidad y distribución de fuentes de materias primas líticas del Macizo del Deseado (Santa Cruz, Argentina). *Revista Intersecciones en Antropología. Volumen especial Materias primas líticas en Patagonia* (2):87-100.

IAEA

2003. Techniques used and results obtained. *Technical Report Series N° 416 Nuclear Analytical Techniques in Archaeological Investigations*: 3-32. Vienna, International Atomic Energy Agency.

Kristensen, T. J., T. D. Andrews, G. MacKay, S. C. Lynch, M. J. M. Duke, A. J. Locock y J. W. Ives

2016. Tertiary hills clinker in Alberta: a partially fused vesicular toolstone from the Mackenzie basin of Northwest Territories, Canada. *Archaeological Survey of Alberta Occasional Paper* No. 36: 100-112.

Magnin, L.

2010. Distribuciones arqueológicas en la Meseta central de Santa Cruz. Implicancias para los estudios de uso del espacio y movilidad de sociedades cazadoras recolectoras, Tesis doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Miotti, L.

1998. *Zoarqueología de la meseta central y costa de la provincia de Santa Cruz: Un enfoque de las estrategias adaptativas aborígenes y los paleoambientes*, editado por H. Lagiglia. Museo Municipal de Historia Natural de San Rafael, Mendoza.

Miotti, L., L. Marchionni, B. Mosquera, D. Hermo y A. Ceraso

2014. Fechados radiocarbónicos y delimitación temporal de los conjuntos arqueológicos de Cueva Maripe, Santa Cruz (Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXIX (2): 509-537.

Moreira, P.

2005. Geología y metalogénesis del distrito La Josefina, macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral Inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Moreira, P., H. Echeveste, R. Fernández, L. Hartmann, J. Santos e I. Schalamuk

2009. Depositional age of Jurassic gold-silver ore in the Deseado massif, Patagonia, Argentina, base on Manantial Espejo and La Josefina prospects. *Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen* 253 (1): 25-40.

Nami, H.

1992. El subsistema tecnológico de la confección de instrumentos líticos y la explotación de los recursos del ambiente: una nueva vía de aproximación. *Shincal* 2: 13-53.

Pankhurst, R. J., P. T. Leat, P. Sruoga, C. W. Rapela, M. Márquez, B. C. Storey y T. R. Riley

1998. The Chön Aike province of Patagonia and related rocks in West Antarctica: A silicic large igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 81: 113-136.

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 (5): 605- 625.

Panza, J.

2001. *Hoja Geológica Monumento Natural Bosques Petrificados 4769-IV. Provincia de Santa Cruz*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín n° 258, SEGEMAR, Buenos Aires.

Plá, R.

2009. El rol del Análisis por Activación Neutrónica en estudios arqueométricos. En O. M. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas (eds.), *Arqueometría Latinoamericana* 1: 47-52. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.

Plá, R. y N. Ratto

2000. Provenience archaeological studies of ceramic raw material and artifacts using instrumental Neutron

Activation Analysis: The cases of Chaschuil and Bolsón de Fiambalá (Catamarca, Argentina). *Nuclear Analytical Techniques in Archaeological Investigations. TECDOC 416*: 45-70. International Agency Energy Atomic. Vienna.

Pollard, M., C. Batt, B. Stern y S. Young

2011. *Analytical chemistry in archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Prudêncio, M. I.

2015. NAA applied to heterogeneous lithic archaeological artefacts - difficulties and advantages for provenance establishment. *Archeometriai Műhely XII/4*: 243-247.

Puente, V., R. Plá y R. Invernizzi

2017. La cerámica local de la Quebrada del río Las Pitas (Catamarca). Aportes a la circulación de personas, saberes y objetos en Antofagasta de la Sierra durante el Tardío. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XLII (1)*: 35-61.

Skarbut, F.

2015. Estructura y explotación de los recursos líticos en el sector Meridional de la Meseta Central de Santa Cruz, Argentina. *Magallania 43(1)*:191-209.

Stern, C.

2004. Obsidian source and distribution in southernmost Patagonia: review of the current information. En M. T. Civalero, A. Guraieb y R. Fernández (eds.), *Contra Viento y Marea: Arqueología de Patagonia*: 167-178. Miramar Publishing, Buenos Aires.

Stern, C., A. Castro, C. Pérez de Micou, C. Méndez y F. Mena

2013. Circulación de obsidias en Patagonia Central Sur entre 44 y 46°S. En A. F. Zangrando, R. Barberena, A. Gil, G. Neme, M. Giardina, L. Luna, C. Otaola, S. Paulides, L. Salgán y A. Tivoli (eds.), *Tendencias Teórico-Metodológicas y Casos de Estudio en la Arqueología de la Patagonia*: 243-250. Museo de Historia Natural, SAA e INAPL, San Rafael, Mendoza.

Summerhayes, G.

2008. Sourcing techniques in landscape archaeology. En B. David y J. Thomas (eds.), *Handbook of landscape archaeology*: 530-543. World Archaeological Congress Research Handbooks In Archaeology. Series editor: G. Nicholas y J. Hollowell. Left Coast Press, California.

Torrence, R.

1986. *Production and exchange of stone tools*. Cambridge University Press. Cambridge.

Tykot, R. H.

2004. Scientific methods and applications to provenance studies. En M. Martini, M. Milazzo y M. Piacenti (eds.), *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Course CLIV*: 407-32. IOS Press. Amsterdam.