

RECIENTES DATOS DE ELEMENTOS TRAZA DE LA NUEVA FUENTE PRIMARIA DE OBSIDIANA NEGRA TRES CERROS (NORESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, PATAGONIA, ARGENTINA)

NORA V. FRANCO¹, GEORGE A. BROOK², PABLO AMBRÚSTOLO³, CLAUDIO IGLESIAS⁴, CHARLES STERN⁵, MICHAEL D. GLASCOCK⁶ & LUCAS VETRISANO⁷

RESUMEN

Se informa sobre la presencia de un afloramiento de obsidiana negra previamente desconocido ubicado en el extremo oriental del Macizo del Deseado, en cercanías del océano Atlántico y de la localidad de Tres Cerros, en Patagonia. La obsidiana constituye un vidrio de riolita subalcalina con contenido medio de potasio. Es de menor calidad que la obsidiana negra de la fuente de Pampa del Asador, emplazada en inmediaciones de la cabecera del río Chico, en el noroeste de Santa Cruz. Los datos geoquímicos de ICP-MS e INAA obtenidos para 16 muestras de obsidiana son comparables cuando se consideran las incertidumbres de medición. Sin embargo, éstos son significativamente diferentes a los datos de ICP-MS publicados para muestras procedentes de Pampa del Asador y 17 de Marzo, lo que indica que la obsidiana de Tres Cerros se puede diferenciar geoquímicamente de las mencionadas fuentes secundarias. Se analizó un artefacto de obsidiana negra procedente del sitio Alero 4, ubicado en la costa noreste de Santa Cruz, que presentaba características macroscópicas similares a las identificadas en las muestras de Tres Cerros. Los resultados indicaron que se trataba de una obsidiana procedente de Pampa del Asador. Asimismo, las tendencias geoquímicas obtenidas para las muestras de Tres Cerros no resultaron compatibles con las observadas en artefactos de los sitios Alero del Valle y Cueva Aristizábal, emplazados próximos a la costa sudeste de Santa Cruz. En este sentido, si bien aún no se han registrado evidencias que indiquen la explotación de la fuente Tres Cerros por parte de grupos humanos cazadores-recolectores que ocuparon Patagonia en el pasado, la caracterización geoquímica aquí presentada constituye información que podrá ser comparada con muestras procedentes de sitios arqueológicos ubicados a distintas distancias de ella, contribuyendo de esta manera a entender la movilidad humana en la región, así como los criterios de selección de materias primas.

PALABRAS CLAVE: Fuente primaria de obsidiana, elementos traza, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Patagonia.

¹ IMHICIHU (CONICET)/Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Ciencias Antropológicas. Saavedra 15, Piso 5, C.A.B.A. (C.P. 1084), Argentina/Puán 480, C.A.B.A. (C.P. 1406), Argentina. ✉ nvfranco2008@gmail.com

² Departamento de Geografía. Universidad de Georgia. Athens, GA 30602, U.S.A. gabrook@uga.edu

³ CONICET. División Arqueología. Museo de La Plata. UNLP. Paseo del Bosque s/n. La Plata,. C. P. 1900. Argentina. pambrustolo@hotmail.com

⁴ Piedra Grande S.A.M.I.C.A. y F. Balcarce 880. C.A.B.A. (C.P. 1064), Argentina. ciglesias@piedra-grande.com

⁵ Departamento de Ciencias Geológicas. University of Colorado, Boulder, CO 80309-0399, U.S.A. Charles.Stern@colorado.edu

⁶ Laboratorio de Arqueometría. University of Missouri Research Reactor, 1513 Research Park Dr., Columbia, MO 65211, U.S.A. GlascockM@missouri.edu

⁷ IMHICIHU (CONICET)/Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Ciencias Antropológicas. Saavedra 15, Piso 5, C.A.B.A. (C.P. 1084), Argentina/Puán 480, C.A.B.A. (C.P. 1406), Argentina. lucasvetri@yahoo.com.ar

RECENT TRACE-ELEMENT DATA FOR TRES CERROS NEW PRIMARY SOURCE OF BLACK OBSIDIAN (NORTHEAST SANTA CRUZ PROVINCE, PATAGONIA ARGENTINA)

ABSTRACT

We report a previously unknown black obsidian outcrop located at the eastern end of the Deseado Massif, near the Atlantic Ocean and the town of Tres Cerros, in Patagonia. This obsidian is a subalkaline rhyolite glass with medium potassium content. It is of lower quality than the black obsidian from the Pampa del Asador source, located in the vicinity of the headwaters of the Chico River, in the northwest of Santa Cruz. The ICP-MS and INAA geochemical data obtained for 16 obsidian samples are comparable when measurement uncertainties are considered. However, these are significantly different from published ICP-MS data for samples from Pampa del Asador and 17 de Marzo, indicating that obsidian from Tres Cerros can be differentiated geochemically from these secondary sources. A black obsidian artifact from the Alero 4 site, located on the northeastern coast of Santa Cruz, was analyzed, showing macroscopic characteristics similar to those identified in the Tres Cerros samples. The results indicated that it was an obsidian from Pampa del Asador. Likewise, the geochemical trends obtained for the Tres Cerros samples were not compatible with those observed in artifacts from the Alero del Valle and Cueva Aristizábal sites, located close to the southeast coast of Santa Cruz. In this sense, we emphasize that no evidence has yet been recorded that indicates the exploitation of Tres Cerros source by human hunter-gatherer groups that occupied the Patagonian region in the past. In this framework, the geochemical characterization of the potential source presented here constitutes initial information which can be compared with the one obtained from artifacts in archaeological sites, providing information to understand human mobility and the criteria for raw material selection.

KEY WORDS: Primary obsidian source, Trace elements, Deseado Massif, Santa Cruz, Patagonia.

INTRODUCCIÓN

En una reciente revisión de las fuentes y distribución de obsidiana en Patagonia, Stern (2018) señala el registro de nueve fuentes principales ubicadas al sur de 37°S. En todos los casos se pueden distinguir químicamente. Al sur de 46°S, en el extremo sur de Patagonia, desde el límite norte del Macizo del Deseado en el norte hasta el estrecho de Magallanes y punta Dungeness en el sur, Stern (2018) identifica tres tipos principales de obsidiana: negra de Pampa del Asador (PDA), con bandas verdes y grises de Sierra Baguales (SB) y verde del Seno Otway (SO) (Fig. 1). Ocasionalmente se han registrado guijarros de obsidiana PDA a lo largo de la costa noreste de la provincia de Santa Cruz, principalmente en Punta Medanosa (PM) (Fig. 1) (Ambrústolo, 2020a; Nami *et al.* 2017). En el caso de estos últimos, al tratarse de piezas identificadas en contextos arqueológicos se ha planteado que se puede tratar también de materias primas obtenidas en el marco de actividades de intercambio en torno

a circuitos de movilidad que conectaban el litoral marino con el territorio interior (Ambrústolo, 2020b; Ambrústolo *et al.* 2012; Franco *et al.* 2019).

Pampa del Asador constituye un depósito fluvio-glacial del Plio-Pleistoceno, posee unos 80 por 15 km de extensión, una pendiente hacia el este de la cordillera de los Andes y contiene guijarros de obsidiana negra de hasta unos 10 cm de diámetro (e.g. Belardi *et al.* 2006; Espinosa & Goñi, 1999; Stern, 1999, 2000, 2018). En un estudio reciente realizado en la Estancia 17 de Marzo (17M) (Fig. 1), ubicada a unos 170 km al sudeste de PDA, a lo largo del valle de paleo drenaje del río Chico, se identificó una concentración de pequeños guijarros de obsidiana negra (diámetros menores a 5 cm) de tipo PDA (Franco *et al.* 2017), lo que sugiere que las fuentes secundarias de obsidiana PDA pueden estar presentes en una región extremadamente extensa.

El registro de artefactos de obsidiana del tipo PDA a distancias mayores de 800 km con respecto a esta fuente constituye evidencia de su utilización a escala espacial amplia por parte de los grupos



Fig. 1. Ubicación de las fuentes de obsidiana negra Pampa del Asador, 17 de Marzo y Tres Cerros. Asimismo, se indica el emplazamiento de las fuentes de obsidiana Sierra Baguales y Seno Otway. Se referencian los contextos arqueológicos mencionados: Alero 4, Alero del Valle (AV), Cueva Aristizábal (CA) y Punta Medanos (PM).

humanos cazadores-recolectores que ocuparon la región patagónica (Ambrústolo, 2020a; Franco *et al.* 2017; Nami *et al.* 2017; Pallo & Borrero, 2015; Stern, 2018). Stern (1999) identificó inicialmente seis tipos químicos de obsidiana negra PDA, los que recientemente redujo a cuatro variedades: PDA1, PDA2, PDA3ab y PDA3c (Stern, 2018).

Dos tipos de obsidiana de coloración verde también resultan de importancia en términos regionales. Se trata de una obsidiana gris verdosa bandeada, reportada en sitios del extremo norte de la Sierra Baguales, en la margen sur del lago Argentino y a lo largo del valle del río Santa Cruz (Stern & Franco, 2000) (Fig. 1). En el caso del segundo tipo, ésta constituye una obsidiana verde oliva a verde oscuro identificada en contextos litorales del Seno Otway (Fig. 1) y a lo largo de la costa central del estrecho de Magallanes (Stern, 2018).

En ningún caso se ha identificado la ubicación de fuentes primarias de obsidiana. Lo más probable es que esto se deba a las cronologías de las erupciones de riolita involucradas en su formación, las que en el caso de PDA se han fechado entre 4,9 y 6,4 Ma (Stern, 1999; Stern & Prieto, 1991; Stern *et al.* 1995a, 1995b). Dados los millones de años transcurridos desde que estas obsidianas se formaron en la superficie, la erosión y la denudación fluvial/fluvio-glacial las habría reducido en la mayoría de los casos a guijarros redondeados de color oscuro con una superficie de meteorización marrón, gris o verde o una corteza de unos pocos milímetros de espesor (Fernández & Leal, 2014).

Al norte de Tres Cerros, al oeste de las estancias La Magdalena y La Escondida, Panza (2001) observó la presencia de “una obsidiana negra o gris negruzca, de fractura concoide” (p. 18), bajo la

forma de una zona vitrofírica asociada a los mantos ignimbríticos de la Formación Chon Aike. Hasta el momento no se ha establecido si esta obsidiana ha sido explotada.

En el extremo sur de Patagonia, la obsidiana negra PDA domina el registro arqueológico en amplias áreas. En contraste, las obsidianas verdes de SB y SO presentan distribuciones artefactuales mucho más acotadas (Stern, 2018).

En este artículo se presenta la caracterización inicial de una fuente primaria potencial (*sensu* Church, 1994) de obsidiana negra denominada Tres Cerros (TC), ubicada en el extremo oriental del Macizo del Deseado, en el noreste de la provincia de Santa Cruz, relativamente cercana al litoral atlántico y a la localidad de Tres Cerros (Fig. 1). Se determina la señal geoquímica de esta obsidiana a partir de la identificación de elementos traza y se evalúan posibles evidencias de explotación de la fuente en función del estudio geoquímico de un artefacto procedente del sitio Alero 4 (AL-4) (Ambrústolo & Ciampagna, 2015), emplazado en las inmediaciones de la desembocadura del río Deseado, a unos 140 km al noreste de TC (Fig. 1).

CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE POTENCIAL TRES CERROS Y METODOLOGÍA DE RELEVAMIENTO

El afloramiento primario de obsidiana Tres Cerros está ubicado en el extremo norte de una colina baja, a unos 25 km al NNE de la localidad homónima, hacia la porción este del Macizo del Deseado (Figs. 1 y 2). Se encuentra a unos 200 m al este de la Ruta 3, se extiende por unos 290 m en sentido SSO-NNE y presenta unos 170 m de ancho en el sector norte y aproximadamente 20 m de ancho en el sur (Fig. 2). Posee una altitud máxima de 161 msnm. La obsidiana está expuesta en tres sectores, donde forma pequeños montículos o puntos altos (Figs. 2 y 3), que en sus inmediaciones presentan bloques angulares desprendidos de ellos (Fig. 3).

Con la finalidad de evaluar las variaciones espaciales en la composición geoquímica de la fuente potencial, se recolectaron tres muestras de distintas secciones de los afloramientos 1 y 2, y una muestra del afloramiento 3 (Fig. 2), que es menos extenso.

También se relevaron los bloques a lo largo de la pendiente norte de la colina localizados a distintas distancias y elevaciones respecto de los afloramientos, así como también un bloque ubicado en la pendiente SE, a mayor distancia de éstos (Fig. 2). Todas las muestras fueron extraídas con una piqueta y se trató de obtener obsidiana no meteorizada, con el menor bandeamiento posible. Se priorizaron los ejemplares de mejor calidad. Se tomaron pequeñas submuestras para el análisis geoquímico mediante ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente) e INAA (Análisis Instrumental de Activación Neutrónica). La preparación y el análisis de muestras para el análisis ICP-MS se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ciencias Ambientales y Geológicas de la Universidad de Colorado siguiendo los métodos descritos por Fernández *et al.* (2015) y Briggs (1996). El análisis INAA se realizó en el Centro de Investigación de Reactores de la Universidad de Missouri (MURR) utilizando procedimientos estándar descritos en Glascock y colaboradores (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características macroscópicas de la obsidiana Tres Cerros

El complejo de rocas volcánicas extrusivas Tres Cerros está conformado por una riolita subalcalina que presenta un contenido medio de potasio. Las rocas varían desde una textura vidriosa con ninguno a muy pocos fenocristales, lo que indica un enfriamiento rápido localizado, hasta depósitos foliados por flujo que indican un enfriamiento más lento durante el flujo de lava (Figs. 3 y 4). Las rocas expuestas poseen una superficie de meteorización marrón o gris de unos pocos milímetros de espesor. La calidad para la talla de las obsidianas con texturas más homogéneas es buena a muy buena (*sensu* Aragón & Franco, 1997).

Estas características macroscópicas son similares a las descritas por Panza (2001) para la obsidiana presente al norte, en la estancia La Magdalena, donde se presenta como “marcadamente porfírica, con fenocristales blancos de plagioclasa de 1 a 8 mm, y con una débil pseudofluidalidad relicta” (p. 18).



Fig. 2. Imagen Google Earth de la fuente primaria de obsidiana de Tres Cerros, al este de la Ruta 3. Se recolectaron muestras de los tres afloramientos de obsidiana (círculos rojos) y de bloques sueltos de obsidiana (círculos celestes y blanco).



Fig. 3. Afloramiento de obsidiana y bloques sueltos en la ladera norte de la fuente Tres Cerros.

Comparación de los datos de ICP-MS e INAA

Debido a que se trata de técnicas destructivas, se emplearon submuestras respecto de muestras de mayores dimensiones, por lo que no sorprende que la información de elementos traza de muestras individuales y promedios de ICP-MS difieran ligeramente de los valores obtenidos con INAA (Tablas 1 y 2). Cabe señalar que estas diferencias no siempre son predecibles, a pesar de que las concentraciones de Zr, Ba, Cs y Sr a menudo se utilizan para caracterizar las muestras de obsidiana. En el caso de Tres Cerros, los valores de regresión lineal R^2 para estos cuatro elementos traza variaron entre aproximadamente 0,03 y 0,99 y los coeficientes de pendiente de la ecuación fueron en ocasiones positivos y en otros negativos, mostrando incluso una tendencia inversa aparente en los datos de Sr (Fig. 5.a-d). En este estudio nos focalizamos en los datos ICP-MS (Tabla 1), ya que fueron producidos en el laboratorio donde se han analizado muchas muestras de Patagonia, lo que nos permite comparar con confianza nuestros resultados con los de estudios previos (e.g. Fernández *et al.* 2015). Asimismo, INAA proporciona información adicional sobre las concentraciones de elementos traza que no se pueden medir con los métodos ICP-MS.

Características de los elementos traza de la fuente potencial de obsidiana Tres Cerros

Las concentraciones de los elementos principales como Zr, Ba, Sr y Ti se agrupan estrechamente, lo que permite caracterizar su señal geoquímica (Tabla 1). Sin embargo, el Cs y Rb varían considerablemente de una muestra a otra, con valores de ICP-MS de Cs entre 7-63 ppm (INAA de 7 a 76 ppm) y valores de ICP-MS de Rb de 114-184 ppm (INAA de 125-186 ppm), lo que sugiere una variabilidad considerable en algunos elementos (Tablas 1 y 2). Asimismo, existe variabilidad entre los afloramientos, lo que indica cierta heterogeneidad en la geoquímica de la roca (Fig. 6). Las características de los elementos traza de los bloques registrados en las laderas de los tres afloramientos parecen heredadas del afloramiento más cercano a ellos, como lo sugieren los valores

de Cs y Rb (Figs. 6.c, d y 7), lo que muestra que existe una clara separación geoquímica de los tres afloramientos. En contraste, tal patrón no ocurre en los valores de Mn, lo que sugiere que tal vez no sea un elemento adecuado para su caracterización geoquímica (Fig. 6.e).

Firma geoquímica de la obsidiana Tres Cerros

Se compararon los resultados de los análisis de elementos traza de TC con los de PDA y 17 de Marzo. Se seleccionaron seis elementos traza para su evaluación. Cuatro de ellos presentan valores bastante consistentes entre muestras (Ba, Zr, Sr y Ti) y dos (Cs y Rb) tienen un rango amplio, incluyendo algunos inusualmente altos (Tablas 1 y 2). Se generaron cuatro gráficos (Zr-Ba, Sr-Ba, Rb-Ti y Rb-Cs) respecto de la comparación. Se incluyeron las medias y desvío estándar de los principales subtipos de PDA dada la gran cantidad de análisis disponibles (Fig. 7). La obsidiana TC se diferencia de la PDA y 17M por sus valores mucho más altos de Ba y Sr (Fig. 7.a). Asimismo, el registro de Ti en un rango de 1.100-1.300 ppm es una fuerte evidencia de que la obsidiana TC constituye un tipo diferenciable; sólo el subtipo PDA3ab tiene valores de Ti en este rango. Los valores de Cs entre aproximadamente 14 ppm y 65 ppm también constituyen un buen indicador de la diferenciación de TC respecto de PDA y 17M.

Por otra parte, comparamos las tendencias geoquímicas obtenidas para TC y PDA con información generada mediante análisis de Fluorescencia de Rayos X (XRF) para 41 muestras de obsidiana recolectadas a lo largo de la costa noreste de Santa Cruz, en la localidad arqueológica Punta Medanosa (PM) (Fig. 1), las cuales Nami y coautores (2017) interpretan como parte de una posible fuente secundaria distal de obsidiana PDA. Como se observa en la Fig. 8, tanto las muestras de Punta Medanosa (PM), como todas las analizadas hasta el momento para el litoral noreste de Santa Cruz (Ambrústolo, 2020a; Ambrústolo *et al.* 2012), corresponden a los tipos PDA1, PDA2 y PDA3ab (Nami *et al.* 2017). Con fines comparativos, incluimos valores medios de elementos traza de las obsidianas Sierra Baguales (SB) y Seno Otway (SO) (Fig. 8), cuyas tendencias diferencian los mencionados tipos respecto de TC (Fig. 7.a y 7.c).

Tabla 1. Datos de elementos traza de ICP-MS (ppm) para muestras de obsidiana Tres Cerros y Alero 4. Las muestras TC13-1, TC13-2 y TC13-9 provienen de los afloramientos 1, 2 y 3 de lecho rocoso, respectivamente; las demás muestras son para bloques sueltos. Los datos de media y desviación estándar son sólo para muestras de Tres Cerros.

MUESTRA	TI	MN	RB	SR	Y	ZR	NB	CS	BA	HF	PB	TH	U	LA
TC13-1-1	1.203	576	132	159	34	257	14	7.3	782	7.8	18.3	8.5	2.8	32.3
TC13-1-2	1.167	565	125	202	39	247	14	6.8	786	6.9	17.6	7.7	2.9	33.7
TC13-1-3	1.254	588	123	161	38	249	11	7.9	758	6.9	17.8	7.8	2.9	33.7
TC13-2-1	1.285	513	179	167	42	254	11	44.2	777	6.7	18.1	7.9	3.1	40.2
TC13-2-2	1.227	482	168	167	30	246	10	63.4	958	6.4	17.7	7.8	2.9	30.2
TC13-2-3	1.279	510	166	167	48	256	10	23.4	807	6.7	18.7	8.3	3.1	39.7
TC13-9	1.182	484	114	153	37	248	9	8.6	892	6.1	18.2	8.9	2.9	35.0
TC13-3	1.233	424	151	165	31	260	10	9.2	941	6.8	19.1	8.4	3.2	34.8
TC13-4	1.243	568	127	164	34	263	10	6.5	741	6.7	19.2	8.4	3.0	33.2
TC13-5	1.280	544	184	163	39	252	9	24.5	840	6.6	18.9	8.3	3.0	36.4
TC13-6	1.206	560	173	156	35	249	9	14.2	726	6.2	18.1	8.2	2.9	34.4
TC13-7	1.202	515	148	167	35	252	14	14.1	884	9.7	18.7	12.3	2.9	35.0
TC13-8	1.113	525	119	152	33	250	10	6.6	765	6.3	18.3	8.9	2.8	34.6
TC13-10	1.186	508	123	167	36	254	9	6.9	948	6.4	19.4	9.4	3.0	36.5
TC13-11	1.142	520	140	158	29	245	8	18.7	829	6.0	18.4	9.1	2.8	31.1
TC13-12	1.137	435	158	161	37	243	9	26.3	795	6.1	19.4	9.4	3.0	38.8
MEDIA	1.209	520	146	164	36	252	10	18	827	6.8	18.5	8.7	2.9	35
DESVÍO ESTÁNDAR	53	47	23	11	5	6	2	15.9	76	0.9	0.6	1.1	0.1	2.8
ALERO 4	1.264	368	153	62	27	290	30	4.5	545	7.1	20.1	19.4	6.3	41.8
MUESTRA	CE	PR	ND	SM	EU	GD	TB	DY	HO	ER	TM	YB	LU	
TC13-1-1	63.5	7.95	31.9	7.0	1.48	7.99	0.92	5.6	1.02	3.70	0.45	3.45	0.49	
TC13-1-2	66.2	8.26	32.2	7.2	1.60	8.72	1.01	6.5	1.21	4.07	0.53	4.03	0.54	
TC13-1-3	68.2	8.31	32.7	7.2	1.56	8.37	1.00	6.2	1.20	4.02	0.51	4.03	0.55	
TC13-2-1	72.9	10.3	41.2	8.9	1.82	9.93	1.20	7.5	1.36	4.70	0.60	4.43	0.56	
TC13-2-2	62.8	7.40	28.6	6.5	1.45	7.14	0.81	5.4	0.98	3.46	0.43	3.51	0.45	
TC13-2-3	71.6	9.05	36.8	7.8	1.64	9.40	1.18	7.5	1.45	4.95	0.65	4.81	0.66	
TC13-9	72.7	8.79	36.7	7.4	1.58	8.23	1.05	6.4	1.24	4.10	0.49	3.84	0.54	
TC13-3	71.2	8.56	34.0	7.3	1.47	7.84	0.92	5.6	1.04	3.43	0.46	3.46	0.44	
TC13-4	68.1	8.09	32.2	7.1	1.40	7.81	0.89	5.7	1.09	3.71	0.48	3.59	0.51	
TC13-5	71.5	8.66	35.1	7.7	1.64	8.66	1.06	6.5	1.28	4.32	0.53	4.27	0.54	
TC13-6	67.8	8.10	32.7	7.1	1.43	8.09	0.99	6.1	1.16	3.86	0.49	3.63	0.49	
TC13-7	70.6	8.48	35.2	7.6	1.66	8.44	1.06	6.5	1.22	3.92	0.53	3.78	0.48	
TC13-8	70.5	8.34	36.4	7.2	1.54	7.98	0.99	6.0	1.15	3.80	0.50	3.70	0.52	
TC13-10	78.2	9.46	37.4	8.2	1.72	8.97	1.13	6.6	1.32	4.05	0.54	3.98	0.56	
TC13-11	67.4	7.80	28.3	6.5	1.40	6.93	0.81	5.2	1.01	3.28	0.44	3.20	0.44	
TC13-12	71.6	9.46	36.7	7.8	1.82	8.90	1.19	6.7	1.33	4.21	0.54	3.85	0.55	
MEDIA	69.7	8.56	34.2	7.4	1.6	8.34	1.01	6.2	1.19	3.97	0.51	3.85	0.52	
DESVÍO ESTÁNDAR	3.8	0.73	3.35	0.6	0.1	0.77	0.12	0.7	0.14	0.44	0.06	0.41	0.06	
ALERO 4	80.4	8.61	30.7	6.0	0.81	6.38	0.81	4.9	0.96	2.97	0.40	2.89	0.37	

Tabla 2. Datos de elementos traza de INAA (ppm) para muestras de obsidiana Tres Cerros y Alero 4.
Las muestras son las que se indican en la Tabla 1.

MUESTRA	BA	LA	LU	ND	SM	U	YB	CE	CO	CS	EU	FE	HF	RB	SB
TC13-1-1	706	33.6	0.54	28.7	6.9	2.8	3.73	70.3	0.08	9.9	1.29	16.724	6.5	141	0.18
TC13-1-2	727	33.8	0.57	28.6	6.7	3.1	3.73	70.6	0.10	8.0	1.29	16.502	6.5	129	0.17
TC13-1-3	731	33.3	0.59	27.8	6.7	2.8	3.87	68.9	0.12	9.0	1.27	16.070	6.4	130	0.17
TC13-2-1	714	39.9	0.82	29.6	8.1	2.2	5.47	74.4	0.20	52.7	1.66	15.364	6.4	186	0.23
TC13-2-2	935	31.7	0.51	25.6	6.1	2.4	3.31	67.1	0.09	76.3	1.14	14.981	6.4	176	0.21
TC13-2-3	741	39.0	0.78	29.2	7.2	2.6	5.09	70.0	0.17	26.7	1.39	15.164	6.3	169	0.20
TC13-9	835	35.1	0.57	29.5	7.3	2.6	3.81	70.9	0.13	11.4	1.41	15.121	6.5	133	0.18
TC13-3	876	33.8	0.50	28.1	6.9	3.0	3.37	68.3	0.11	10.8	1.16	14.745	6.5	149	0.18
TC13-4	673	32.7	0.56	29.3	6.8	3.1	3.63	69.0	0.08	7.4	1.24	16.325	6.4	128	0.17
TC13-5	669	33.7	0.56	27.8	6.7	2.6	3.52	67.5	0.10	24.4	1.31	15.469	6.3	192	0.18
TC13-6	704	33.8	0.57	26.6	6.8	2.9	3.60	68.0	0.10	16.8	1.28	15.572	6.3	180	0.17
TC13-7	836	36.6	0.61	33.6	7.8	2.9	3.82	72.1	0.08	16.7	1.54	14.380	6.4	162	0.18
TC13-8	783	37.8	0.60	35.0	8.4	2.8	4.02	79.2	0.11	7.7	1.62	16.207	6.4	125	0.16
TC13-10	952	34.7	0.58	30.2	7.5	2.8	3.86	71.0	0.09	8.6	1.35	15.573	6.4	134	0.16
TC13-11	738	32.9	0.55	26.2	6.7	3.0	3.61	68.7	0.10	23.9	1.20	17.052	6.5	166	0.18
TC13-12	763	36.8	0.58	31.3	7.6	2.7	3.72	66.7	0.13	30.8	1.44	14.151	6.3	173	0.19
MEDIA	774	34.9	0.59	29.2	7.1	2.8	3.88	70.2	0.11	21.3	1.35	15.587	6.4	155	0.18
DESVÍO ESTÁNDAR	88	2.4	0.09	2.5	0.6	0.2	0.58	3.1	0.03	19.0	0.15	836	0.1	23	0.02
ALERO 4	535	42.5	0.50	49.6	6.0	6.1	3.53	76.6	0.47	5.7	0.70	12.572	7.5	171	0.23
MUESTRA	SC	SR	TA	TB	TH	ZN	ZR	BR	AL	CL	DY	K	MN	NA	
TC13-1-1	8.1	193	0.69	0.96	10.0	53.0	241	2.4	68.114	611	5.8	24.715	578	28.856	
TC13-1-2	8.3	133	0.69	0.85	9.9	54.6	247	3.0	65.322	638	6.5	28.168	568	28.748	
TC13-1-3	7.7	191	0.67	0.96	9.8	52.1	246	3.8	70.339	676	7.7	22.553	566	28.923	
TC13-2-1	7.8	132	0.68	1.35	9.8	52.5	262	2.8	63.419	571	6.4	15.220	477	31.459	
TC13-2-2	7.7	135	0.66	0.91	9.8	47.3	248	2.3	64.047	611	4.8	16.319	484	32.217	
TC13-2-3	7.7	184	0.67	1.17	9.7	52.8	237	2.7	69.513	605	6.7	22.784	492	30.161	
TC13-9	8.3	180	0.69	1.00	9.9	51.2	240	2.6	66.401	671	6.7	25.290	504	27.575	
TC13-3	7.8	149	0.67	0.94	9.9	49.7	248	2.8	64.043	690	4.8	23.871	435	28.223	
TC13-4	7.8	129	0.68	0.94	9.9	52.5	241	2.7	62.868	678	5.6	25.281	561	28.859	
TC13-5	7.7	114	0.68	0.95	9.7	52.7	248	3.7	65.368	659	5.3	20.969	513	31.372	
TC13-6	7.6	142	0.67	0.96	9.7	51.5	246	2.5	68.950	672	6.0	23.611	558	30.424	
TC13-7	7.8	194	0.68	1.14	9.8	49.9	250	2.6	67.222	635	8.4	26.708	496	28.522	
TC13-8	7.8	160	0.67	1.19	9.7	53.0	238	2.6	63.067	630	6.3	25.856	545	28.067	
TC13-10	7.9	197	0.69	1.04	9.9	51.0	240	3.1	64.055	671	6.7	27.787	516	29.326	
TC13-11	7.9	135	0.70	0.89	10.0	50.7	258	3.1	62.402	647	4.7	22.389	541	28.926	
TC13-12	7.8	123	0.65	1.06	9.5	51.1	258	3.3	62.736	627	6.8	22.596	464	29.495	
MEDIA	7.9	156	0.68	1.02	9.8	51.6	247	2.9	65.492	643	6.2	23.382	519	29.447	
DESVÍO ESTÁNDAR	0.2	29	0.01	0.13	0.1	1.7	7	0.4	2.618	33	1	3.594	43	1.327	
ALERO 4	4.63	45.3	2.34	0.82	20.3	59.7	298	3.0	71.357	638	4.8	34.177	378	33.239	

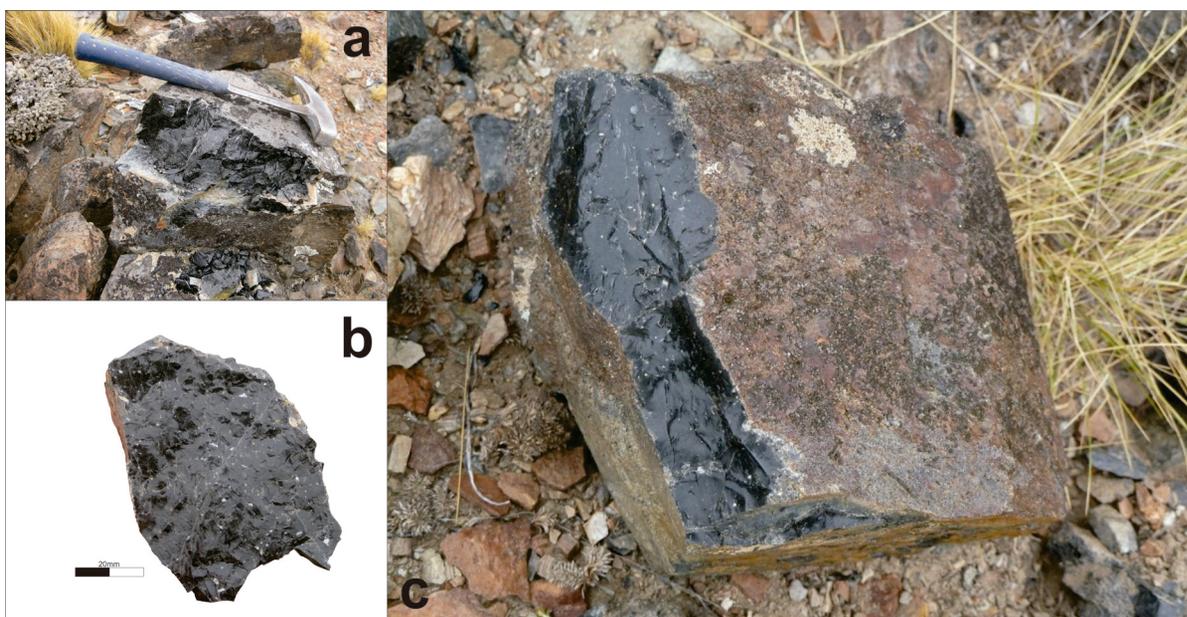


Fig. 4. Obsidiana Tres Cerros: a) Afloramiento. b) Obsidiana negra con fenocristales. c) Bloque rectangular suelto de obsidiana negra vidriosa que muestra una superficie de meteorización marrón a gris.

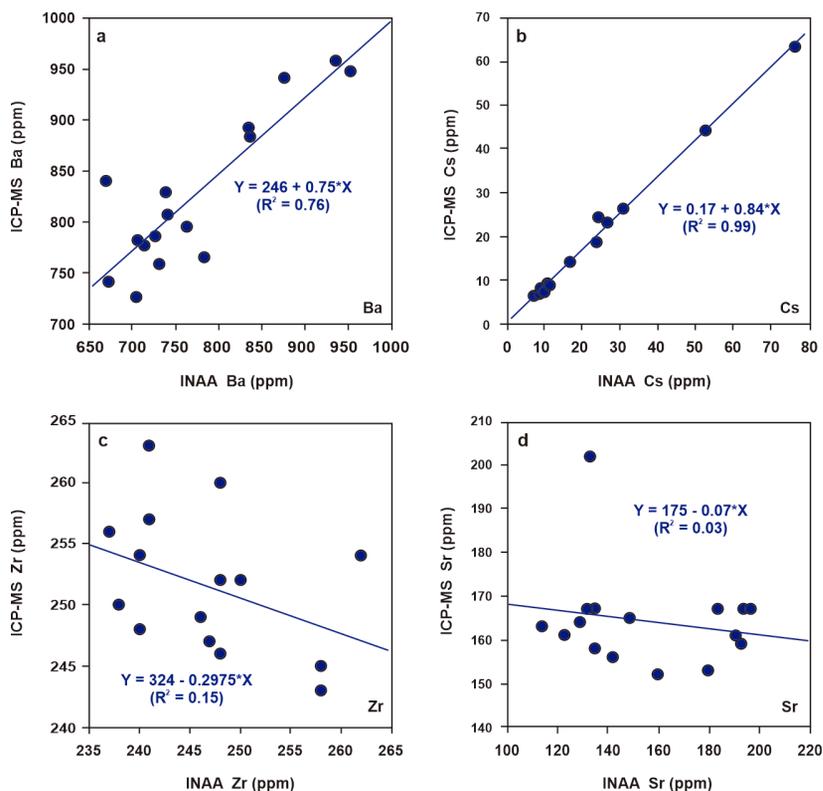


Fig. 5. Comparación entre los datos de elementos traza de ICP-MS e INAA. Los coeficientes de pendiente de regresión negativos en las relaciones que se muestran en c y d en comparación con los coeficientes positivos en a y b indican que la relación entre los dos métodos no es simple y no es la misma para todos los elementos traza.

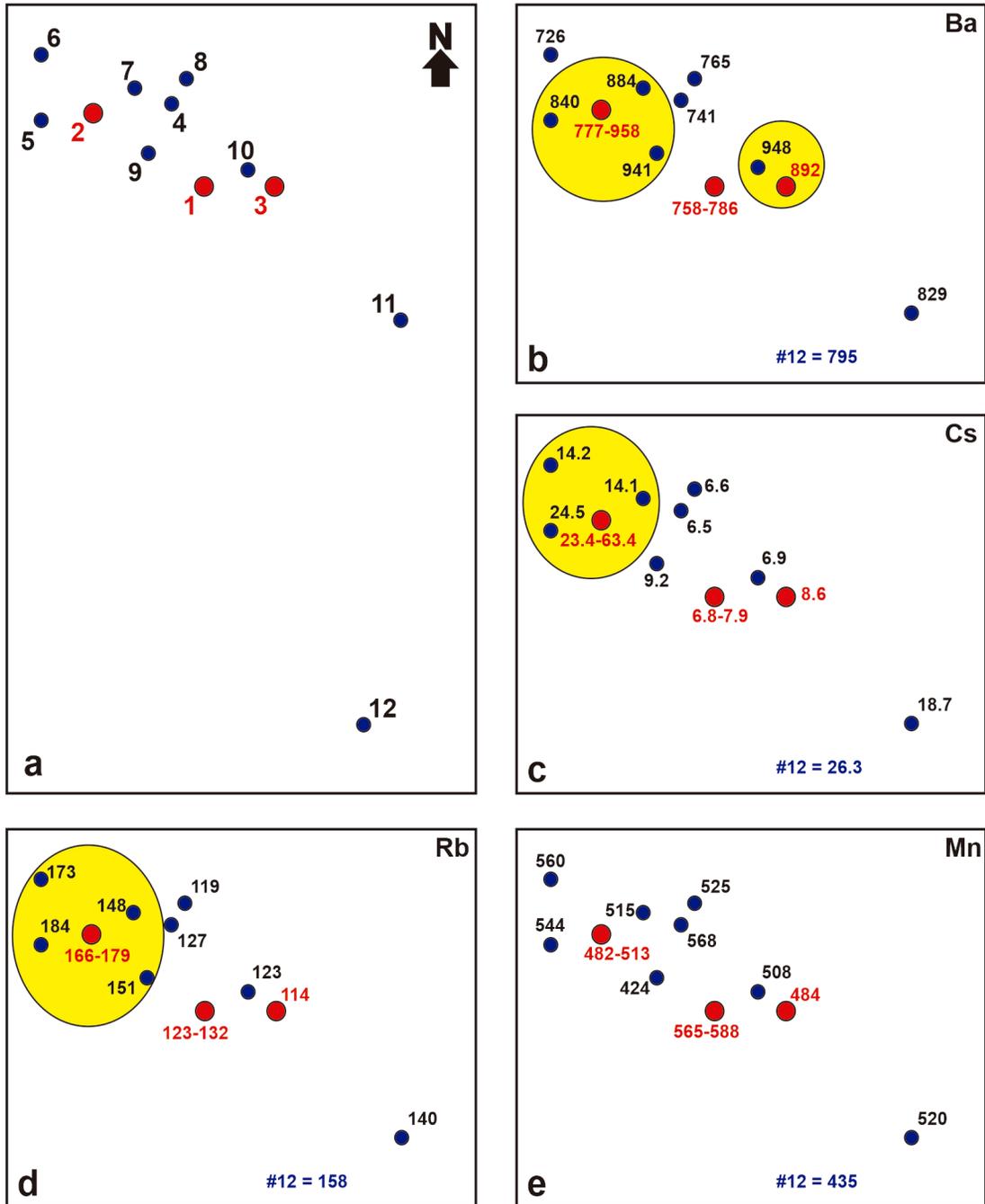


Fig. 6. Mapas de elementos traza seleccionados para la fuente Tres Cerros: a) ubicaciones de los tres afloramientos de obsidiana (círculos rojos) y bloques sueltos muestreados en las laderas (círculos azules); b)-e): valores de los elementos en cada ubicación con los rangos de tres muestras de los afloramientos 1 y 2. Los valores para la muestra 12, que está al sudeste del grupo principal de muestras, se indican en azul en la parte inferior de cada diagrama. Los óvalos amarillos muestran sectores con valores de elementos generalmente elevados.

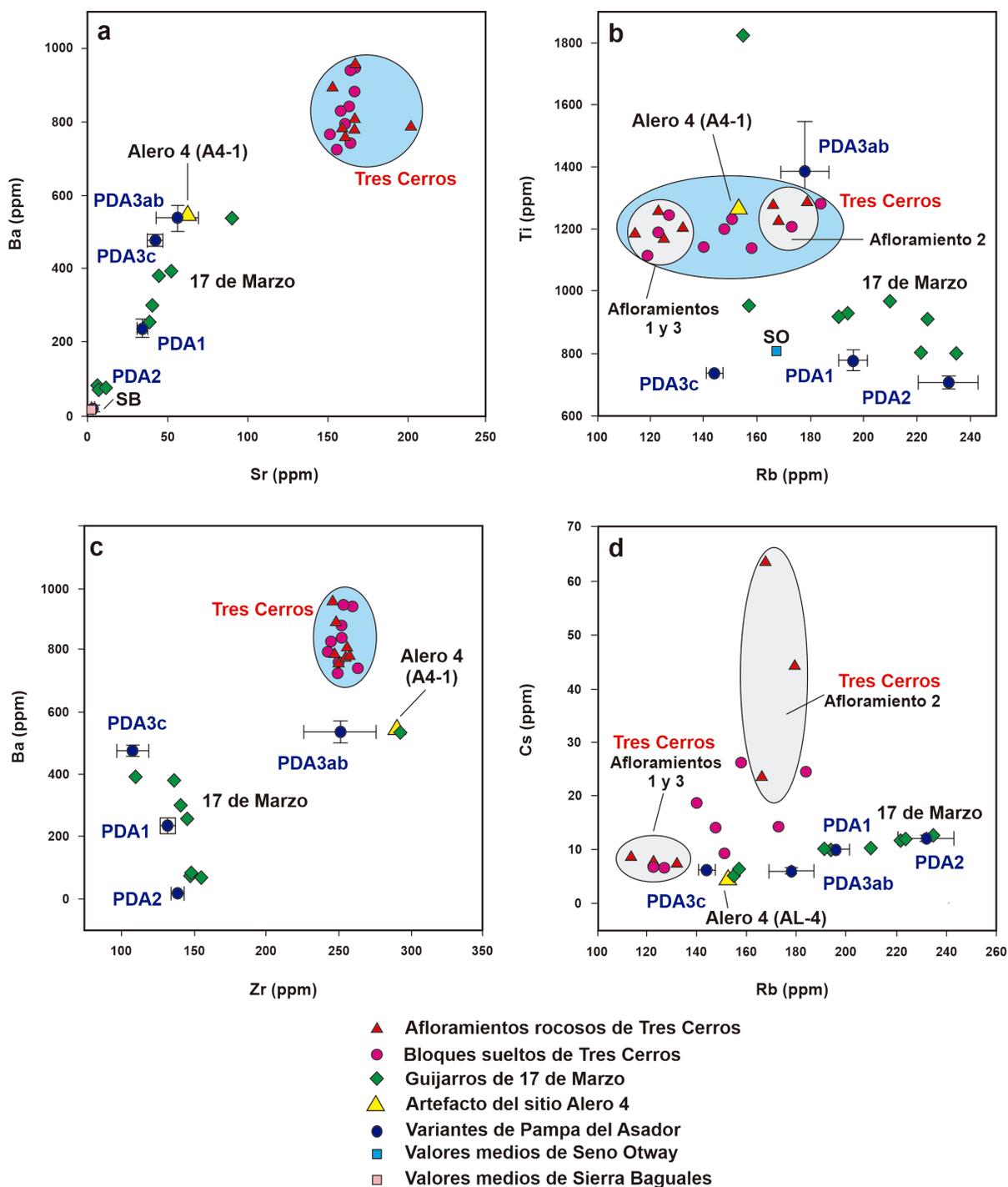


Fig. 7. Comparación de elementos traza ICP-MS entre las fuentes de obsidiana negra Tres Cerros, Pampa del Asador y 17 de Marzo y un artefacto de obsidiana negra Alero 4 (A4-1). a)-c): La dispersión de los datos de TC está contenida en los óvalos azules y grises. Los datos de PDA y 17 de Marzo están tomados de Stern (1999, 2004), Méndez y colaboradores (2012), Fernández y coautores (2015) y Franco y colaboradores (2017). La información de Sierra Baguales (SB) y Seno Otway (SO) fue obtenida de Stern (2018).

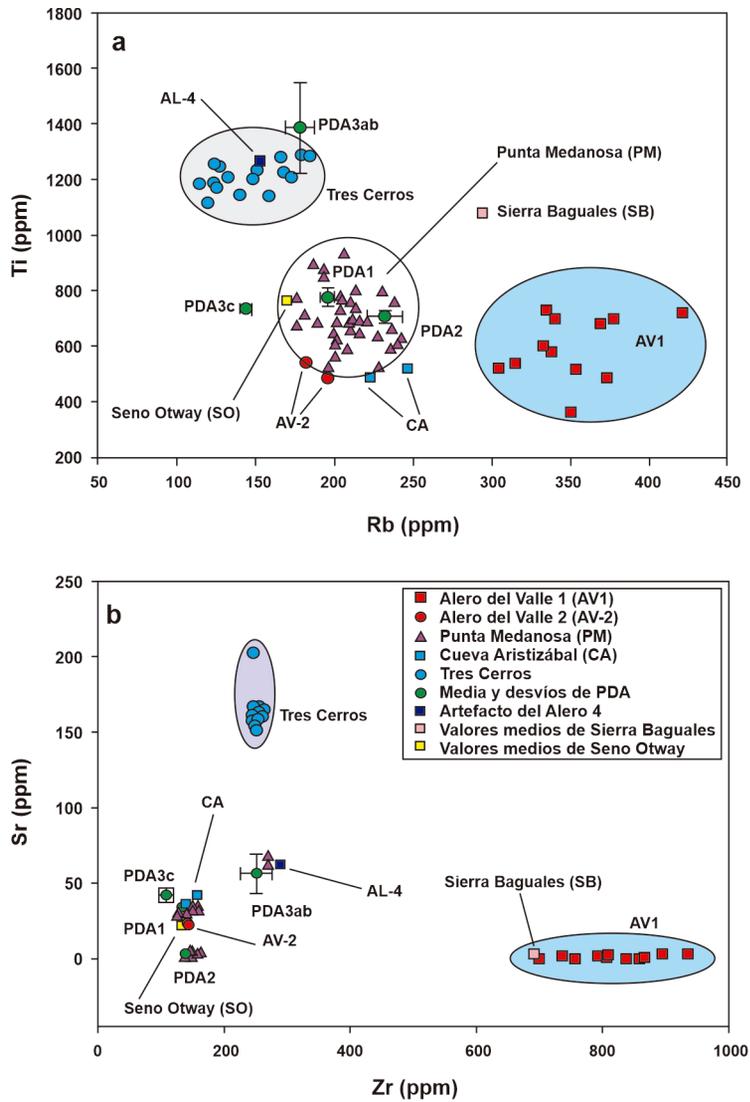


Fig. 8. a y b. Comparación de datos de elementos traza (ICP-MS) de TC y PDA con datos XRF para las obsidias Sierra Baguales, Seno Otway, Alero del Valle (AV), Cueva Aristizábal (CA) y Punta Medanos (PM).

Evidencia arqueológica de la explotación de la fuente Tres Cerros

Si bien la fuente primaria potencial de obsidiana Tres Cerros no presenta rocas de alta calidad como las disponibles en PDA, la materia prima es apta para la confección de artefactos. Sin embargo, hasta el momento no registramos evidencias de explotación de la fuente TC en sitios cercanos, lo que podría estar relacionado con la falta de estudios sistemáticos en sus inmediaciones. En función de comenzar a evaluar el aprovechamiento de la obsidiana TC, se

analizó geoquímicamente un artefacto procedente de Alero 4 (AL-4, Fig. 1), que poseía características macroscópicas similares, y resultó asignable a la obsidiana PDA3ab (Figs. 7.a, c y 8.b).

Por otra parte, se comparó su señal geoquímica con artefactos de obsidiana de otros sitios próximos al litoral atlántico publicados (Nami *et al.* 2017) (Fig. 1). Los artefactos del Alero del Valle ($n=12$) (AV1) se diferencian de las obsidias TC, PDA y SO debido a sus elevadas concentraciones de Rb. La obsidiana SB tiene un contenido de RB similar a la obsidiana AV1, pero valores más altos de Ti, lo que puede ser

el resultado de distintos métodos de análisis (Stern, 2017) y se diferencia de los tipos restantes debido al alto registro de Zr y bajo valor de Sr (Fig. 8). Asimismo, dos artefactos de obsidiana de Alero del Valle (AV2) difieren de las obsidianas AV1 en función de muy bajos valores de Zr y Rb y se corresponden con PDA1 y SO. Al igual que en el caso de AV1, las obsidianas de AV2 difieren significativamente de la obsidiana TC en sus concentraciones muy bajas de Sr y Ti y muy altas de Rb y Zr (Fig. 8). Finalmente, dos artefactos de obsidiana procedentes de Cueva Aristizábal (CA) (Fig. 1), que poseen registros geoquímicos que difieren de las de Alero del Valle, presentan concentraciones de Sr y Zr similares a las registradas en PDA1 y SO. Asimismo, se reconocen niveles muy bajos de Ti y Zr en relación con las obsidianas SB (Fig. 8). Las obsidianas CA se diferencian claramente de las TC debido a sus valores muy bajos de Ti, Sr y Zr y muy altos de Rb.

Las tendencias observadas en los análisis de elementos traza realizados sobre artefactos de obsidiana procedentes de contextos arqueológicos emplazados en espacios litorales de Santa Cruz indican que no se trata de piezas asignables al tipo TC descrito aquí. En este sentido, en función de evaluar y discutir las particularidades en cuanto a la explotación de la obsidiana TC, resulta importante aumentar el número de muestras arqueológicas analizadas en contextos ubicados a distancias variables de esta fuente potencial.

CONCLUSIONES

El complejo de rocas volcánicas extrusivas Tres Cerros consiste en una riolita subalcalina con contenido medio de potasio. Las rocas presentes varían en cuanto a su textura, identificándose obsidianas negras y vidriosas con escasos fenocristales y litologías que poseen texturas poco homogéneas con un elevado registro de inclusiones. La fuente potencial es muy variable con respecto a su calidad para la talla. Desde el punto de vista geoquímico, los resultados indican que la obsidiana TC resulta fácilmente diferenciable de todos los tipos reconocidos en Patagonia. Hasta el momento no se han identificado evidencias de su explotación por parte de los grupos cazadores-recolectores que ocuparon la región. En este sentido, consideramos que el presente estudio proporciona información novedosa en cuanto al

registro propiamente dicho de la fuente potencial TC y su caracterización geoquímica a efectos de que dichos datos pueden emplearse en futuros análisis de procedencia de obsidiana en contextos arqueológicos de Patagonia centro-meridional.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado en el marco de los proyectos PICT (ANPCyT) 2015-2038 y PIP11220200103270CO y UBACyt 20020170100663BA. Nuestro agradecimiento a la Dirección de Patrimonio Cultural de Santa Cruz y a la Universidad de Georgia por el apoyo recibido. A María Victoria Fernández y dos revisores anónimos, cuyas sugerencias contribuyeron a mejorar el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrústolo, P. (2020a). Obsidiana negra en la costa norte de Santa Cruz: interacciones humanas y aprovisionamiento lítico. *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 24(3), 83-110.
- Ambrústolo, P. (2020b). Black obsidian procurement strategies and circulation along the northern coast of the Santa Cruz Province (Argentine Patagonia): human mobility and interaction. *Journal of Lithic Studies*, 7(2), 1-17.
- Ambrústolo, P. y Ciampagna, M.L. (2015). Alero 4 rock shelter, north coast of Deseado estuary (Patagonia, Argentina): Hunter-gatherer mobility strategies during the Late Holocene. *Quaternary International*, 373, 17-25.
- Ambrústolo, P., Zubimendi, M.A. y Stern, C. (2012). Explotación de obsidiana negra en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia Argentina). *Cazadores Recolectores del Cono Sur*, 6, 77-86.
- Aragón, E.A. y Franco, N.V. (1997). Características de rocas para la talla por percusión y propiedades petrográficas. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 25, 187-199.
- Belardi, J.B., Tiberi, P., Stern, C.R., y Súnico, A. (2006). Al este del Cerro Pampa: ampliación del área de disponibilidad de obsidiana de la Pampa del Asador (Provincia de Santa Cruz). *Intersecciones en Antropología*, 7, 27-36.
- Briggs, P.H. (1996). Forty elements by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. En B.F. Arbogast (Ed.), *Analytical Methods Manual for the Mineral Resource, Surveys Program* (pp. 77-94). U.S. Geological Survey.
- Church, T. (1994). Terms in Lithic Resource Studies: or, is this a lateritic silcrete or a ferruginous wood-grained chert? En T.

- Church (Ed.), *Lithic Resource Studies: A Sourcebook for Archaeologists*. Special Publication 3. *Lithic Technology* (pp. 9-25). Department of Anthropology. University of Tulsa.
- Espinosa, S.L. y Goñi, R. (1999). ¡Viven!: una fuente de obsidiana en la provincia de Santa Cruz. En J.B. Belardi, P.M. Fernández, R.A. Goñi, A.G. Guráieb y M. De Nigris (Eds.), *Soplando en el viento... Actas de las Terceras Jornadas de Arqueología de la Patagonia* (pp. 177-188). Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano y Universidad Nacional del Comahue.
- Fernández, M.V. y Leal, P. (2014). Determining the Provenance of Obsidian in Southern Patagonia Using Optical Properties. *Archaeometry*, 56(1), 1-18.
- Fernández, M.V., Stern, C.R., y Leal, P. R. (2015). Geochemical analysis of obsidian from archaeological sites in northwestern Santa Cruz Province, Argentine Patagonia. *Quaternary International*, 375, 44-54.
- Franco, N.V., Borrero, L.A. y Lucero, G.F. (2019). Human Dispersal in the Atlantic Slope of Patagonia and the Role of Lithic Availability, *PaleoAmerica. A Journal of early human migration and dispersal*, 5(1), 88-104.
- Franco, N.V., Brook, G. A., Cirigliano, N., Stern, C. y Vetrivano, L. (2017). 17 de Marzo (Santa Cruz, Argentina): A new distal source of Pampa del Asador type black obsidian and its implications for understanding hunter-gatherer behavior in Patagonia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, 232-243.
- Glascok, M.D., Speakman, R.J., y Neff, H. (2007). Archaeometry at the University of Missouri Research Reactor and the provenance of obsidian artifacts in eastern North America. *Archaeometry*, 49, 343-357.
- Méndez, C.A., Stern, C.R., Reyes, O.R., y Mena, F. (2012). Early Holocene long-distance obsidian transport in Central-South Patagonia. *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 44(3), 363-375.
- Morello, F., San Román, M., Prieto, A., y Stern, C. (2001). Nuevos antecedentes para una discusión arqueológica en torno a la obsidiana verde en Patagonia Meridional. *Anales del Instituto de la Patagonia (Ser. Ciencias Sociales)*, 29, 129-148.
- Nami, H., Giesso, M., Castro, A. y Glascock, M. (2017). New analysis of late Holocene obsidians from southern Patagonia (Santa Cruz Province, Argentina). *Bulletin of the International Association for Obsidian Studies*, 57, 13-23.
- Pallo, M. C. y Borrero, L.A. (2015). ¿Intercambio o movilidad?: una evaluación sobre el uso de escalas de análisis espaciales y curvas de declinación en Patagonia centro-meridional (Argentina). *Latin American Antiquity*, 26(3), 287-303.
- Panza, J.L. (2001). *Hoja Geológica 4769-IV, Monumento Natural Bosques Petrificados. Provincia de Santa Cruz*. Boletín 258. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino.
- Stern, C.R. (1999). Black obsidian from central-south Patagonia: chemical characteristics, sources and regional distribution of artifacts. En J.B. Belardi, P. M. Fernández, R.A. Goñi, A.G. Guráieb y M. De Nigris (Eds.), *Soplando en el viento... Actas de las Terceras Jornadas de Arqueología de la Patagonia* (pp. 221-234). Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano y Universidad Nacional del Comahue.
- Stern, C.R. (2000). Sources of obsidian artifacts from the Pali Aike, Fell's Cave and Cañadón La Leona archaeological sites in southernmost Patagonia. En E. Espinosa (Ed.), *Desde el País de los Gigantes. Perspectivas arqueológicas en Patagonia* (pp. 43-55). Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
- Stern, C.R. (2004). Obsidian source and distribution in southernmost Patagonia: review of the current information. En T. Civalero, P. Fernández y G. Guráieb (Eds.), *Contra viento y marea. Arqueología de Patagonia* (pp. 167-178). INAPL, Buenos Aires, Argentina.
- Stern, C.R. (2017). Comment concerning the paper "New Analysis of Late Holocene obsidians from Southern Patagonia (Santa Cruz Province, Argentina)" by H.G. Nami, M. Giesso, A. Castro & M.D. Glascock (IAOS Bulletin No. 57, Summer 2017; p. 13-24). *IAOS Bulletin*, 58, Winter 2017 (p. 50).
- Stern, C.R. (2018). Obsidian sources and distribution in Patagonia, southernmost South America. *Quaternary International*, 468, 190-205.
- Stern, C.R. y Franco, N. (2000). Obsidiana gris verdosa veteada en la cuenca superior del río Santa Cruz, extremo sur de Patagonia. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 28, 265-273.
- Stern, C.R. y Prieto, A. (1991). Origin of the green obsidian of Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 20, 89-97.
- Stern, C.R., Prieto, A., y Franco, N. (1995a). Black obsidian from southernmost Patagonia. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 23, 105-109.
- Stern, C.R., Mena, F., Aschero, A., y Goñi, R. (1995b). Black obsidian from central Patagonia. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 23, 111-118.