

# CARACTERIZACIÓN DE OBSIDIANAS DEL NORTE Y CENTRO SUR DE CHILE MEDIANTE ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

## CHARACTERIZATION OF OBSIDIAN SAMPLES FROM NORTHERN AND SOUTH CENTRAL CHILE USING X-RAY FLUORESCENCE ANALYSES

Andrea Seelenfreund\*, Javier Miranda\*\*, María Inés Dinator\*\*\* y J. Roberto Morales\*\*\*

Con el objeto de estudiar la procedencia de obsidiana encontradas en sitios arqueológicos y caracterizar fuentes de obsidiana en distintas partes de Chile, iniciamos un estudio de caracterización de fuentes por medio de análisis de fluorescencia de rayos X, utilizando fuentes radioactivas. Se analizaron también muestras de un sitio arqueológico (Las Estacas, Quebrada Jorquera) de la III Región. De manera complementaria se estudió la composición de obsidiana de distintas fuentes geológicas ubicadas tanto en el norte de Chile (volcán Copiapó) como en el centro-sur del país (zona volcánica Laguna del Maule, fuentes de las Coloradas, Pretil y La Plata) y de "Radal 7 Tazas".

Los análisis se efectuaron utilizando fuentes anulares de  $^{109}\text{Cd}$  y  $^{241}\text{Am}$  con un detector de Si(Li). Esto permitió determinar las concentraciones de Fe, Cu, Rb, Sr, Y, Zr y Ba de muestras molidas de las fuentes mencionadas. Las concentraciones de Rb, Sr y Zr fueron utilizadas para efectuar el análisis discriminante, el cual muestra un claro agrupamiento de las distintas fuentes según su origen. A su vez, se observa una clara asociación entre la obsidiana del sitio arqueológico con la fuente del volcán Copiapó que geográficamente se encuentra cercana al sitio.

**Palabras claves:** obsidiana, Chile, Fluorescencia de rayos X.

*This work is a part of a project to characterize the sources and provenance of obsidians found in archaeological sites in Chile. The aim of the project is to characterize the different sources used in the past and study its distribution. In the present work obsidian samples from different Chilean geological regions, located in South Central Chile (Laguna del Maule/volcanic area, sources of Las Coloradas and La Plata), "Radal 7 Tazas" and the North of Chile (Copiapó Volcano) were analyzed, as well as obsidian artifacts from "site 25-Las Estacas", Quebrada de Jorquera (Copiapó, Northern Chile) by means of X-ray fluorescence, using radioactive sources.*

The analysis was performed using  $^{109}\text{Cd}$  and  $^{241}\text{Am}$  annular excitation sources and X-ray fluorescence system. This allowed the determination of Fe, Cu, Rb, Sr, Y, Zr, and Ba concentrations on samples of ground obsidian from the aforementioned sites. The measured Rb, Sr, and Zr concentrations were used to construct discriminant diagrams, which clearly showed clustering of the samples from the different sources, and the association of the archaeological obsidian sample to the Copiapó Volcano source, which is geographically close to the site.

**Key words:** Obsidian, Chile, X-ray Fluorescence.

El estudio de la distribución de materias primas líticas entrega evidencia importante en torno al movimiento de materias primas y artefactos manufacturados. El desarrollo y testeo de hipótesis en torno al transporte e intercambio de materias primas líticas, cerámicas u otras se inicia con la confirmación que estos materiales fueron transportados desde sus fuentes de origen hacia los lugares

de uso o consumo (Howe 1910; Kempe 1983). La temática del transporte de materias primas líticas y la "eficiencia" de tecnologías líticas ha sido tema de importancia al examinar, por ejemplo, sistemas de organización y estructura de grupos cazadores-recolectores (Binford 1979; Gould y Saggars 1985) o bien para culturas más complejas como los señores de la Micronesia (Ayres et al. 1997).

\* Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Condell 343, Providencia, Santiago, Chile. Fax: +56-2- 7878022. aseelenfreund@academia.cl

\*\* Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., México. Fax: +52-5-622-5009. miranda@fenix.ifisicacu.unam.mx

\*\*\* Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Las Palmeras 3621, Ñuñoa, Santiago, Chile. Fax: +56-2-271-2973. mdinator@uchile.cl; rmorales@uchile.cl

Distinguir los mecanismos de interacción social que actuaron en la distribución de las materias primas no es tarea fácil. Varios modelos se han planteado para explicar los mecanismos de la distribución de materias primas o productos manufacturados, observados en el registro arqueológico (Earle y Ericson 1977; Hunt y Graves 1990; Renfrew 1975, 1977; Ricklis y Cox 1993; Torrence 1984; Seelenfreund 1985). La premisa básica en todos ellos es que se observa una relación directa entre el tipo de accesibilidad a las fuentes y la distancia hacia éstas.

La identificación y diferenciación geológica de las fuentes de materias primas permite realizar estudios espaciales y análisis intersitios y su relación con: (a) la organización de la tecnología lítica, (b) funcionalidad de sitios en un patrón de asentamientos regionales, (c) la distribución variable en el uso de recursos en el paisaje y el uso de materias primas alternativas. Es posible, además, que las variaciones en el uso de materias primas puedan ser reflejos de cambios en sistemas sociales o políticos que de otra manera no se reflejan en el registro arqueológico (Roscoe 1993).

Para comenzar a responder las temáticas planteadas anteriormente necesitamos contar con una base de datos amplia con relación a materias primas utilizadas y su distribución. Con este objetivo hemos iniciado la implementación en Chile de un sistema que permitirá caracterizar materias primas líticas y asignarlas a sus fuentes de origen.

De la gran gama de materias primas utilizadas en épocas prehistóricas, algunas se prestan más que otras para ser analizadas con métodos geoquímicos y/o de la física nuclear y demostrar con ello evidencias de contacto entre distintas áreas o culturas. En este campo de estudios, la obsidiana es una de las materias primas líticas que mayor atención ha recibido en el mundo en las investigaciones de la última década, en cuanto a cantidad y tipos de técnicas aplicadas en su análisis y a la variedad de resultados que su estudio ha generado. La discusión teórica respecto a la distribución arqueológica y procesos culturales que las regulan, se basan en estudios de distribución e intercambio de esta materia prima. Esto, debido a su cualidad de bien de intercambio generalizado a nivel mundial y dado que es una de las materias primas más fáciles de identificar y caracterizar (Shackley 1998).

La obsidiana presenta una serie de atributos que la hace ventajosa al momento de efectuar análisis de composición. Geológicamente se origina en situaciones particulares y sus fuentes se encuentran en determinadas áreas volcánicas. El número de fuentes es limitado y se restringe a regiones tectónicas que han sufrido eventos volcánicos relativamente recientes (desde el Terciario) y cuyas lavas son altamente silíceas, como las del Mediterráneo, Japón y Nueva Zelandia (Seelenfreund y Bollong 1989), centro de México y Sudamérica (Clark 1981). La composición química de una fuente particular o de un flujo es, con pocas excepciones, homogénea, y distintas fuentes se distinguen por su composición elemental particular. La distribución de las piezas de obsidiana es más amplia que la región de origen, dado su uso frecuente como objeto de intercambio y prestigio. Artefactos de este material se encuentran en ocasiones a cientos de kilómetros de su fuente de origen. Es un material relativamente frágil, por lo que requiere ser reemplazado constantemente.

Los análisis de composición por elementos traza se han vuelto rutinarios en otras partes del mundo con la finalidad de identificar canteras y fuentes de materias primas prehistóricas. Para toda Sudamérica, a mediados de los años 90, se habían analizado sólo unos cientos de artefactos de obsidiana cuyos resultados sugerían la existencia de al menos 25 fuentes distintas; sin embargo, solamente menos de 10 habían sido muestreadas y caracterizadas para toda el área Andina (Glascock et al. 1998:20). La mayoría de estos trabajos fueron realizados en el laboratorio por el grupo de Berkeley (Assaro et al. 1994; Burger y Assaro 1977) en Ecuador y la región del Titicaca en Bolivia (Glascock y Giesso 1994; Ruppert 1982, 1983). Con posterioridad, se han efectuado análisis de procedencia, a cargo del Laboratorio Nuclear de Missouri, en Bolivia, Perú y Argentina (Browman 1998; Burger et al. 1998; Burger et al. 2000; Durán et al. 2004; Escola et al. 1994; Escola 2004; Glascock y Giesso 1994; Lascalea et al. 2002; Lazzari 1994, 1998/99; Osgood et al. 1997; Scattolin y Lazzari 1999; Yacobaccio et al. 2004; Axel Nielsen comunicación personal 2004).

En Chile, se han realizado estudios puntuales de identificación y datación de fuentes de obsidiana en Patagonia (Stern 2000; Stern y Curry 1995; Stern y Prieto 1991a, 1991b; Morello et al. 2001), en Chiloé y costa de Valdivia (Stern et al. 2002) y

los trabajos nuestros en la cuenca del Maule (Bird et al. 1993; Seelenfreund et al. 1996a; Bustamante et al. 1998; Petrick et al. 1997).

El presente estudio tiene como objetivo aumentar nuestro conocimiento en relación a la composición de distintas obsidias chilenas, utilizando para ello las instalaciones y equipamiento del departamento de Física, Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Los materiales analizados provienen de un sitio arqueológico en la cordillera de la III Región y de varias fuentes geológicas ubicadas en el norte y centro-sur de Chile.

El sitio, denominado Las Estacas, se ubica en el Quebrada Jorquera y corresponde a un extenso sitio habitacional con asociación de sepulturas, ocupado desde la fase Las Ánimas entre el 700 y 1.200 d.C. hasta el período Tardío, evidenciado por un componente local de cerámica de la tradición Copiapó Negro sobre Rojo y cerámica perteneciente a la tradición Inka-Diaguita local, fechada entre 1.200 y 1.536 d.C. (Seelenfreund et al. 1996b). Posteriormente, en el marco de otro estudio, este sitio fue rebautizado por Cervellino et al. (2000) con el nombre de "03 TA 86 El Castaño", haciendo uso de la toponimia local. La muestra analizada corresponde a una lasca encontrada en superficie que no puede ser adscrita a algún contexto específico dentro del sitio.

El material comparativo de fuentes fue recolectado en el altiplano de la III Región (Región de Atacama), en los faldeos del Nevado Tres Cruces. Además, se utilizó material comparativo de otras fuentes del centro sur de Chile recolectado previamente por uno de los autores. Los materiales fueron analizados por medio de fluorescencia de rayos X inducidos por fuentes radioactivas.

### Las Fuentes Geológicas

Las muestras de fuentes del norte de Chile provienen de la región volcánica del volcán Copiapó. Fueron recolectadas de la superficie de la ladera sur poniente del Nevado Tres Cruces en el área de la mina Marte (27°27' L S y 69°13' L O). Artesanos locales señalan vagamente otras fuentes de obsidiana en las inmediaciones del volcán Copiapó, no constatado, por falta de un relevamiento sistemático de esta zona. La obsidiana que se encuentra en la ladera del Nevado Tres Cruces, se presenta en forma de pequeños cantos rodados de origen

piroclástico, presentan superficies muy erosionadas y contiene numerosas inclusiones cristalinas de modo que sólo se presta para la confección de artefactos de tamaño pequeño.

Las muestras analizadas del complejo volcánico Laguna del Maule (36° 00' L S y 70° 33' L O) provienen de tres coladas distintas que obedecen a su vez a eventos volcánicos separados y corresponden a: (a) Las Coloradas, flujo de lava, pómez y obsidiana, ubicada en la punta sur de la Laguna del Maule. (b) Pretil Laguna del Maule que forma parte de los depósitos denominados Puente de la Laguna y (c) Estero La Plata, tributario del río Maule (Seelenfreund et al. 1996a; Petrick et al. 1997; Bustamante et al. 1998) (Figura 1, Tabla 1).

Se analizó además una muestra de obsidiana recogida del lecho de un estero afluente del río Claro en la Reserva Natural "Radal 7 Tazas" (25° 28' L S y 71° 02' L O). Esta se encuentra a unos 40 km de distancia en línea recta del complejo volcánico Laguna del Maule. La obsidiana de esta fuente ha sido arrastrada por acción del agua y su lugar geológico de origen no se conoce a la fecha.

Con el objeto de comparar y verificar nuestros resultados incluimos, en los análisis, muestras analizadas previamente con otras metodologías (Proton Induced X ray emission (PIXE), Proton Induced Gamma-ray emission (PIGME) y Mössbauer).

### Análisis y Resultados

Las muestras de obsidias fueron molidas hasta obtener un polvo fino y uniforme de granos de un tamaño medio de 5µm. Con este polvo se prepararon las muestras para efectuar análisis de fluorescencia de rayos X inducidos por fuentes radioactivas (XRF), según la metodología descrita por Morales (en Falabella 1995-1996). Con el objeto de validar las mediciones se incluyó un estándar certificado por IAEA- (SL-1 sediment lake). De cada muestra de obsidiana se prepararon tres submuestras para analizar. El análisis se efectuó utilizando una fuente anular de <sup>109</sup>Cd (actividad =25mCi 4/92) y una fuente de <sup>241</sup>Am (actividad 30mCi 01/85). Cada muestra fue irradiada por un lapso de aproximadamente 90 minutos con el fin de obtener resultados estadísticamente válidos para cada uno de los picos observados. El estándar se utilizó para validar la eficiencia del sistema. El análisis de espectrometría de rayos X se realizó con un detector de Si(Li)

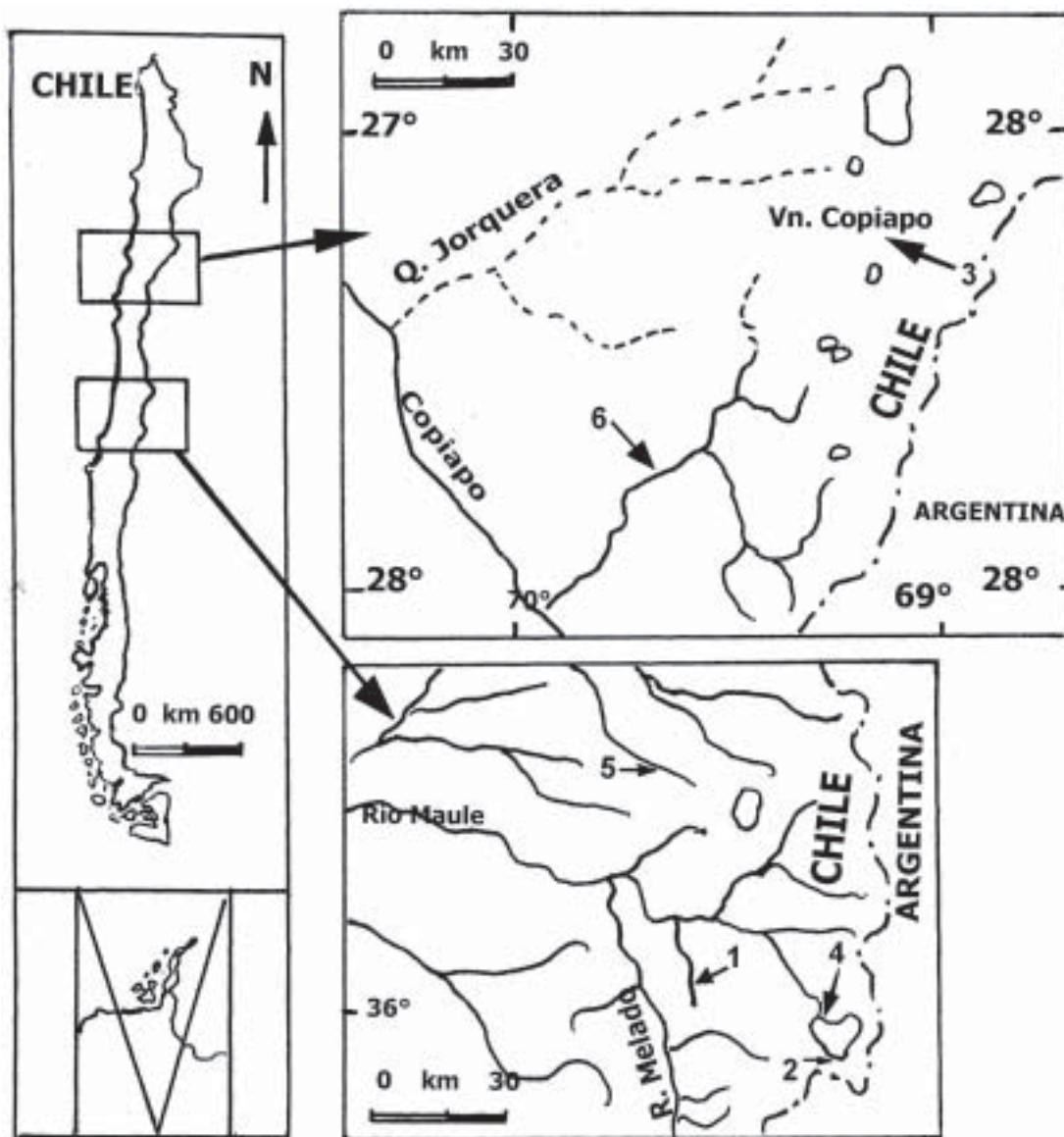


Figura 1. Mapa de ubicación de fuentes de obsidiana y del sitio arqueológico citados en el texto: (1) La Plata; (2) Las Coloradas; (3) volcán Copiapó; (4) Pretil Laguna del Maule; (5) Radal 7 Tazas; (6) Sitio Arqueológico "Las Estacas".  
 Map showing location of obsidian sources and archaeological sites mentioned in the text: (1) La Plata; (2) Las Coloradas; (3) Volcán Copiapó; (4) Pretil Laguna del Maule; (5) Radal 7 Tazas; (6) "Las Estacas" archaeological site.

Canberra, serie 7300 (resolución de 180 eV a 5.9 KeV) y un amplificador Ortec 672 en conjunto con un analizador multicanal Ortec. La masa se midió con una balanza Sartorius modelo M5P (resolución de 1mg sensibilidad de 1mg).

El análisis de los espectros se realizó utilizando el código computacional QXAS, que permite separar los picos correspondientes a cada elemen-

to observado en las muestras. Con esta información se obtuvieron las concentraciones de los elementos Fe, Cu, Rb, Sr, Y, Zr y Ba. En los cálculos de las concentraciones se emplearon secciones eficaces y coeficientes de atenuación calculadas con el código XCOM (Berger y Hubbell 1987).

Las concentraciones de cada uno de los elementos medidos se encuentran en la Tabla 2. Estas

Tabla 1. Listado de muestras y su procedencia.  
*List of samples and their provenance.*

Número de la muestra	Procedencia	Tipo de material
1.1	Estero la Plata (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana roja)
1.2.	Estero la Plata (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra)
1.3.	Estero la Plata (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra)
2.1	Las Coloradas (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra)
2.2	Las Coloradas (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra)
2.3.	Las Coloradas (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra)
3.1	Volcán Copiapó - ladera Nevado Tres Cruces (norte de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra, nódulo con inclusiones cristalinas)
3.2	Volcán Copiapó - ladera Nevado Tres Cruces (norte de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra, nódulo con inclusiones cristalinas)
4	Pretil Laguna del Maule (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (obsidiana negra, nódulo con inclusiones cristalinas)
5.1	Radal Siete Tazas (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (nódulos de obsidiana negra)
5.2	Radal Siete Tazas (centro-sur de Chile)	Fuente Geológica (nódulos de obsidiana negra)
6	Sitio Las Estacas (Quebrada Jorquera)	Sitio arqueológico (obsidiana negra)

Tabla 2. Concentración de elementos medidos en las muestras de obsidiana.  
*Element concentrations measured on obsidian samples.*

Muestra	Fe(g/kg)	Cu(mg/kg)	Rb(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Y(mg/kg)	Zr(mg/kg)	Ba(mg/kg)
1.1	12.3 ± 2.8	38.0 ± 16.9	201 ± 47	242 ± 35	112 ± 41	340 ± 44	662 ± 16
1.2	14.7 ± 4.4	30.2 ± 15.7	212 ± 30	229 ± 38	92 ± 40	333 ± 33	665 ± 14
1.3	13.1 ± 2.0	41.8 ± 7.08	186 ± 62	221 ± 62	83 ± 15	318 ± 43	673 ± 20
2.1	9.05 ± 2.2	37.1 ± 18.1	270 ± 70	161 ± 44	149 ± 52	311 ± 68	806 ± 118
2.2	12.7 ± 2.5	38.8 ± 15.3	287 ± 17	201 ± 38	129 ± 25	367 ± 22	751 ± 48
2.3	10.2 ± 2.6	31.9 ± 6.74	260 ± 41	170 ± 29	152 ± 24	318 ± 22	747 ± 8
3.1	6.02 ± 1.8	32.0 ± 7.29	225 ± 45	312 ± 53	85 ± 34	186 ± 41	867 ± 39
3.2	7.70 ± 1.9	40.2 ± 18.1	260 ± 54	320 ± 60	124 ± 43	209 ± 49	875 ± 18
4.1	7.37 ± 1.7	47.1 ± 15.1	305 ± 33	146 ± 30	96 ± 37	203 ± 34	646 ± 44
5.1	16.7 ± 3.0	46.9 ± 12.3	269 ± 45	233 ± 62	180 ± 80	507 ± 43	816 ± 47
5.2	17.4 ± 3.9	41.7 ± 10.3	250 ± 55	193 ± 56	150 ± 57	528 ± 59	849 ± 81
6.1	5.66 ± 1.9	28.7 ± 6.61	254 ± 38	299 ± 28	90 ± 29	195 ± 32	866 ± 41

corresponden a los promedios de cada grupo (mediciones de las tres submuestras). El error se calculó sobre la base del error estadístico (tipo A) y en base a los errores del instrumental y de calibración (tipo B). Los resultados medidos corresponden tanto a las mediciones tomadas de las muestras procedentes del sitio arqueológico como de las fuentes geológicas.

Utilizando las concentraciones de los elementos Rb, Sr y Zr se construyó un diagrama discriminante (Figura 2). La combinación de estos tres elementos muestra cómo se agrupan las muestras de acuerdo a su procedencia. Se observa que la muestra 6.1 se asocia o agrupa con la muestra 3, indicando una concordancia muy cercana con ésta, lo cual estaría indicando su origen en la zona del volcán Copiapó.

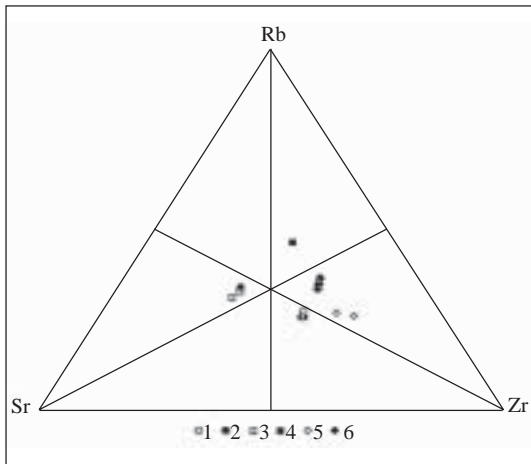


Figura 2. Diagrama del análisis discriminante entre obsidianas usando contenido de Rb, Sr y Zr.

*Discriminant analysis diagram for obsidian samples, using Rb, Sr and Zr element concentrations.*

Asimismo podemos observar en la Figura 3 como se agrupan las muestras en el mismo patrón observado en la figura anterior. En este caso se compararon las concentraciones absolutas de los elementos Fe, Sr, Zr y Ba. Este método permite distinguir entre los distintos grupos de fuentes.

Por último, al combinar los resultados obtenidos de las concentraciones de elementos en un análisis de *cluster* utilizando el método de Ward de distancia euclidiana, se obtuvo el dendograma que se observa en la Figura 4.

### Discusión y Conclusiones

Los resultados de los análisis efectuados muestran claramente que las muestras procedentes de las distintas fuentes geológicas se agrupan en unidades distintivas de acuerdo a su origen geográfico.

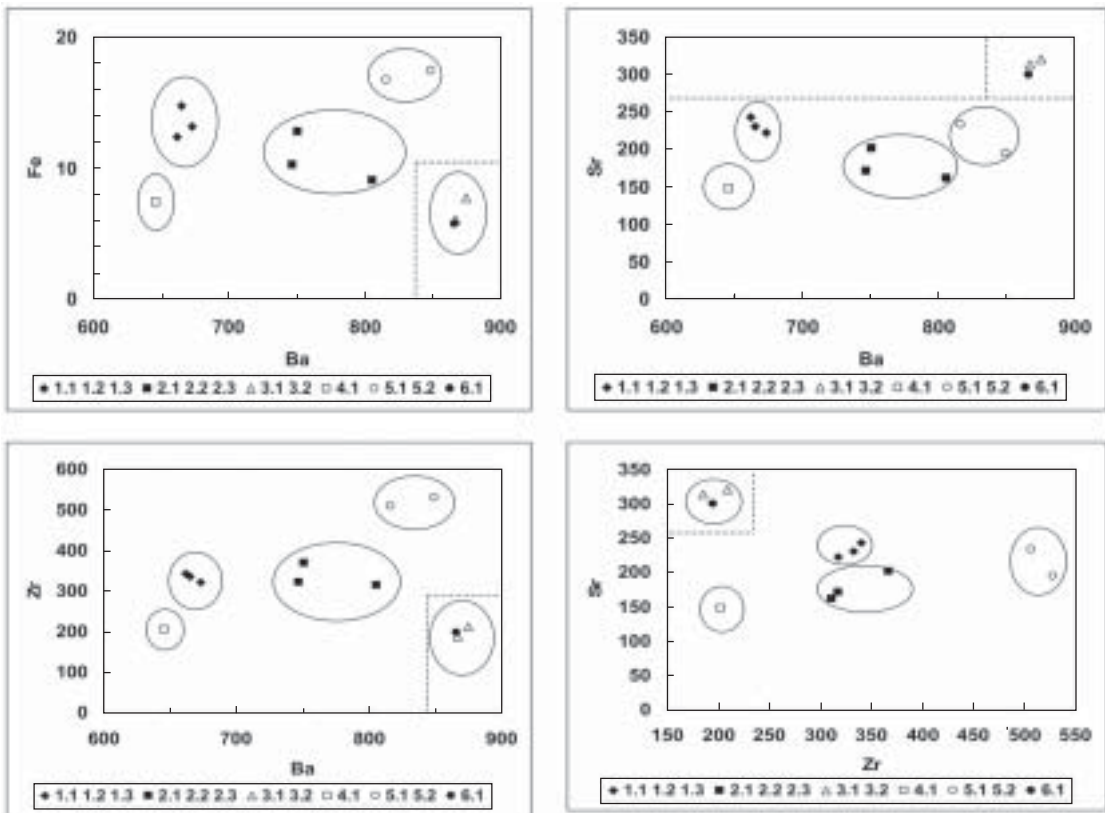


Figura 3. Análisis bivariado de la concentración de los elementos Fe/Ba, Zr/ Ba y Sr/Zr (los códigos de los puntos definen las muestras).

*Bivariate analysis for the concentration of the following element ratios: Fe/Ba, Zr/Ba, and Sr/Zr (the code of dots refers to the different samples).*

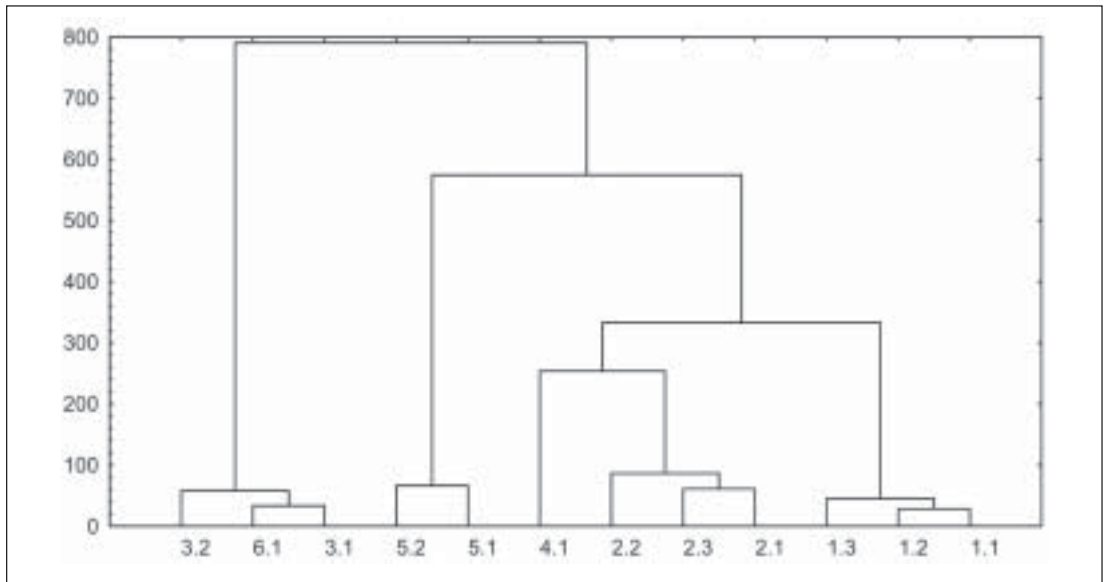


Figura 4. Dendrograma para artefactos de obsidiana y fuentes.  
Dendrogram showing relationship of artifacts and sources.

co. Asimismo, como se observa en el diagrama de la Figura 4, la muestra arqueológica del sitio Las Estacas (muestra 6.1) y las muestras geológicas recolectadas en los faldeos del Nevado Tres Cruces ubicado al frente del volcán Copiapó (muestras 3.2, 3.1) se juntan en un grupo claramente distintivo y separado de las otras muestras analizadas. Estos representan la fuente potencial de origen y abastecimiento para los habitantes prehispánicos del valle de Jorquera. Sin embargo, la prospección sistemática del volcán Copiapó puede aportar otras fuentes utilizadas en el pasado.

Por otro lado, llama la atención que las muestras de Radal 7 Tazas (Figura 4, muestras 5.2 y 5.3) forman un grupo separado y claramente diferenciable de las obsidianas de la zona de la Laguna del Maule, a pesar que las fuentes corresponden a complejos volcánicos vecinos. Las muestras procedentes de la zona volcánica Laguna del Maule (Figura 4, muestras 1.1, 1.2, 1.3., 2.1, 2.2, 2.3 y 4.1) se juntan en tres subgrupos claramente diferenciables entre sí, en concordancia con los resultados obtenidos para estas obsidianas a través de métodos distintos y en laboratorios diferentes (Seelenfreund et al. 1996a; Petrick et al. 1997; Bus-tamante et al. 1998).

Los resultados experimentales indican que la metodología utilizada puede ser fácilmente aplicada en el estudio de la prehistoria chilena. Para ello, se necesita iniciar un programa de muestreo sistemático de las fuentes geológicas en las distintas regiones de Chile. Con esta base de datos sobre la ubicación y características de las distintas fuentes de materias primas y el análisis de un número importante de artefactos arqueológicos podremos llegar a responder preguntas relacionadas con el transporte e intercambio de materias primas y sus implicancias en las relaciones interregionales. Con este objetivo debiéramos iniciar un programa sistemático de caracterización y localización de nuevas fuentes y de caracterización de artefactos arqueológicos, lo que permitirá identificar los lugares de origen y áreas de distribución de estas materias primas volcánicas.

*Agradecimientos:* Deseamos agradecer a Felipe Llona (SERNAGEOMIN) por moler las muestras y a Donald Jackson (Universidad de Chile) por facilitar las muestras de "Radal 7 Tazas". El apoyo de la Universidad de Chile fue fundamental en proporcionar el uso del Laboratorio de Análisis de Física.

## Referencias Citadas

- Asaro, F., E. Salazar, H.V. Michel, R.L. Burger y F.H. Stross  
1994 Ecuadorian obsidian sources used for artifact production and methods for provenance assignments. *Latin American Antiquity* 5:257-277.
- Ayres, W., G. Goles y F. Beardsley  
1997 Provenance study of lithic materials in Micronesia. En *Prehistoric Long Distance Interaction in Oceania: An Interdisciplinary Approach*, editado por M. Weissler, pp. 53-67. New Zealand Archaeological Association, Monograph 21. Auckland, Nueva Zelanda.
- Berger, M.J. y J.H. Hubbell  
1987 National Bureau of Standards Report Nbsir 87-3597. National Bureau of Standards, Gaithersburg, Md.
- Binford, L.  
1979 Organization and formation processes: Looking at curated technologies. *Journal of Anthropological Research* 35:255-273.
- Bird, R., N. Shahgoli, P. Johnson, A. Seelenfreund y C. Rees  
1993 Explotación de obsidianas en el valle del río Maule. Actas del XII Congreso de Arqueología Chilena Temuco, 1991. *Boletín 4 Museo Regional de Temuco*: 429-437.
- Browman, D.  
1998 Lithic provenience analysis and emerging material complexity at Formative Period Chiripa, Bolivia. *Andean Past* 5:301-324.
- Burger, R. y F. Asaro  
1977 Trace element analysis of obsidian artifacts from the Andes: New perspectives on prehispanic interactions in Peru and Bolivia. *Lawrence Berkely Lab. Reports. Report LBL- 6343*, Berkely.
- Burger, R., K. Schreiber, M. Glascock y J. Ccencho  
1998 The Jampatilla obsidian source: Identifying the geological source of Pampas type obsidian artifacts from southern Peru. *Andean Past* 5:225-239.
- Burger, R., K. Mohr-Chavez y S. Chavez  
2000 Through the glass darkly: Prehispanic obsidian procurement and exchange in southern Peru and northern Bolivia. *Journal Of World Prehistory* 14:273-361.
- Bustamante, A., S. Petrick, B. Scorzelli, A. M Rossi, G. Poupaeau y A. Seelenfreund  
1998 Mössbauer and ESR studies of obsidian provenience in the southern Andes. *Journal of Hyperfine Interactions* (C) 3:360-363.
- Cervellino, M y N. Gaete  
2000 Asentamientos del período Intermedio Tardío y del Tardío en el sitio "El Castaño", Río Jorquera, Valle de Copiapó, Chile. *Actas del XIV Congreso de Arqueología Chilena. Contribución Arqueológica* 5:641-654.
- Clark, J.E.  
1981 Multi-faceted approach to the study of mesoamerican obsidian trade: an example from early Chiapas. Ponencia presentada en 46th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, San Diego.
- Durán, V., M.Giesso, M. Glascock, G. Neme, A. Gil y L. Sanhueza  
2004 Estudio de fuentes de aprovisionamiento y redes de distribución de obsidiana durante el Holoceno Tardío en el sur de Mendoza (Argentina). *Estudios Atacameños* 28:25-46.
- Earle, T. y J. E. Ericson, editores  
1977 *Exchange Systems in Prehistory*. Academic Press, New York.
- Escola, P.  
2004 Variabilidad en la explotación y distribución de obsidianas en la Puna Meridional Argentina. *Estudios Atacameños* 28:9-24.
- Escola, P., C. Vásquez y F. Momo  
1994 Análisis de procedencia de artefactos de obsidiana: vías metodológicas de acercamiento e intercambio (Actas del XI Congreso de Arqueología Argentina). *Revista del Museo Nacional de Historia Natural de San Rafael* XIII (1/4) I Parte:307-311.
- Falabella, F., E. Aspillaga, R. Morales, M. I. Dinator y F. Llona  
1995-1996 Nuevos antecedentes sobre los sistemas culturales en Chile Central sobre la base de análisis de composición de elementos. *Revista Chilena de Antropología* 13:26-60.
- Glascock, M. y M. Giesso  
1994 New perspectives on obsidian procurement in the Titi-caca basin, Bolivia. Ponencia presentada al *Symposium on Archaeometry*, Ankara.
- Glascock, M., G.E. Braswell y R. Cobean  
1998 A systematic approach to obsidian source characterization. En *Archaeological Obsidian Studies*, editado por S. Shackley, pp15-66. Plenum Press, New York.
- Gould, R. y S. Saggars  
1985 Lithic procurement in Central Australia: A closer look at Binford's idea of embeddedness in archaeology. *American Antiquity* 50:117-135.
- Howe, J.A.  
1910 *The Geology of Building Stone*. Arnold, London.
- Hunt, T.L. y M. Graves  
1990 Some methodological issues of exchange in oceanic prehistory. *Asian Perspectives* 29:107-115.
- Kempe, D.R.C.  
1983 The petrology of building and sculptural stones. En *The Petrology Of Archaeological Artefacts*, editado por D.R. Kempe y A. Harvey, pp. 80-153. Oxford Clarendon Press, Oxford.
- Lascalea, G., A. Pifferetti, N. Fernández, N. Walsoe de Reca y J. Northover  
2002 The material characterization of a Santa Marian ceremonial axe. *Archaeometry* 44:83-94.
- Lazzari, M.  
1994 Disponibilidad, aprovisionamiento y producción: los materiales líticos en el Aconquija. *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp.9-50, San Rafael, Mendoza.
- 1998/1999 Nuevos datos acerca de la procedencia de obsidianas de sitios de la falda occidental del Aconquija y áreas aledañas. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 18:243-256.
- Morello, F., M. San Román, A. Prieto y C.R. Stern  
2001 Nuevos antecedentes para una discusión arqueológica en torno a la Obsidiana verde en Patagonia Meridional. *Anales del Instituto de la Patagonia* 29:129-148.



- Osgood, S., M. Glascock y M. Giesso  
1997 Source of volcanic glass for ancient Andean tools. *Nature* 386(6624):449.
- Petrick, S., R. Scorzelli, A. M. Rossi, G. Poupeau y A. Seelenfreund  
1997 Mössbauer spectroscopy: One clue for the deciphering of obsidian archaeological artefacts provenience? *Journal of Hyperfine Interactions* (C) 2:10-13.
- Renfrew, C.  
1975 Trade as action at a distance. En *Ancient Civilization and Trade*, editado por J. Sabloff y C.C. Lamberg-Karlovsky, pp. 3-59. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Renfrew, C.  
1977 Alternative Models For Exchange And Spatial Distribution. En *Exchange Systems in Prehistory*, editado por T.K. Earle y J.E. Ericson, pp.71-89. Academic Press, New York.
- Ricklis, R. y K. Cox  
1993 Examining lithic technological organization as a dynamic cultural subsystem: The advantages of an explicitly spatial approach. *American Antiquity* 58:444-461.
- Roscoe, P.B.  
1993 Practice and political centralization. *Current Anthropology* 34:111-140.
- Ruppert, H.  
1982 Zur Verbreitung und Herkunft von Türkis und Sodalith in präkolumbischen Kulturen der Kordilleren. *Baessler Archiv. Beiträge zur Völkerkunde*. N.F. 30:69-124.  
1983 Geochemische Untersuchungen an Türkis und Sodalith Lagerstätten aus präkolumbischen Kulturen der Kordilleren. *Berliner Beiträge zur Archaeometrie* 8:101-210.
- Scattolin, C. y M. Lazzari  
1999 Tramando redes, obsidianas al oeste del Aconquija. *Estudios Atacameños* 14:189-209.
- Seelenfreund, A.  
1985 *The Exploitation of Mayor Island Obsidian in Prehistoric New Zealand*. Unpublished Doctoral Dissertation, Anthropology Department, University of Otago, Nueva Zelandia.
- Seelenfreund, A. y C. Bollong  
1989 The sourcing of New Zealand archaeological artefacts using energy dispersive XRF spectroscopy. En *Monograph 17 of the New Zealand Archaeological Association*, pp.168-189. Nueva Zelandia.
- Seelenfreund, A., C. Rees, R. Bird, G. Bailey, R. Bárcena y V. Durán  
1996a Trace element analysis of obsidian sources and artefacts of Central Chile (Maule River Basin) and Western Argentina (Colorado River). *Latin American Antiquity* 7:7-20.
- Seelenfreund, A., F. Vilches y H. Niemeyer  
1996b Informe del Plan de Conservación Preventiva del Sitio 25, "Las Estacas", Quebrada de Jorquera, III Región de Atacama. Informe a La Compañía Minera Aldebarán. Manuscrito en posesión del Consejo de Monumentos Nacionales.
- Shackley, S.  
1998 *Archaeological Obsidian Studies: Method and Theory*. Plenum Press, New York.
- Stern, C. y A. Prieto  
1991a Obsidiana verde de los sitios arqueológicos en los alrededores del Mar de Ottway, Magallanes. Chile. *Anales del Instituto de La Patagonia* 20:139-144.  
1991b Obsidiana en yacimientos arqueológicos de Chiloé y Las Islas Guaitecas. *Anales del Instituto de la Patagonia* 20:205-209.
- Stern, C. y P. Curry  
1995 Obsidiana del sitio pose las Conchillas, Isla Traiguén, archipiélago los Chonos, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 23:119-124.
- Stern, C., X. Navarro y J. Muñoz  
2002 Obsidiana gris translúcida del Volcán Chaitén en los sitios arqueológicos de Quilo (Isla Grande de Chiloé) y Chanchan (X Región), y obsidianas del Mioceno en Chiloé. *Anales del Instituto de la Patagonia* 30:167-174.
- Torrence, R.  
1984 Monopoly or direct access? Industrial organization at the Melos obsidian quarries. En *Prehistoric Quarries and Lithic Production*, editado por J.E. Ericson, y B.A. Purdy, pp.49-64. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yacobaccio, H., P. Escola, F. Pereyra, M. Lazzari y M. Glascock  
2004 Quest for ancient routes: Obsidian sourcing research in northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science* 31:193-204.