MAGALLANIA
http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

ARTÍCULO

Nuevas fronteras de la *obsidiana Sollipulli*: caracterización inicial de fuentes de aprovisionamiento de materia prima (localidad de Molulco, Araucanía andina, Chile)

Sollipulli obsidian new frontiers: an initial characterisation of raw material sources (Molulco locality, Andean Araucania, Chile)

Gustavo F. Lucero Ferreyra[a*], Claudio A. Tapia[b], Marcelo Medina Gallegos[c], Leonardo Mucciolo[d], Haroldo Lledó[e] y Mariana Sacchi[f]

OPEN ACCESS

Recibido: 02/12/2025
Aceptado: 28/09/2026
Versión final: 07/10/2026

Cómo citar:
Lucero Ferreyra, G.F., Tapia, C.A., Medina Gallegos, M., Mucciolo, L., Lledó, H., y Sacchi, M. (2026). Nuevas fronteras de la obsidiana sollipulli: caracterización inicial de fuentes de aprovisionamiento de materia prima (localidad de Molulco, Araucanía andina, Chile). *Magallania, 54,* 1-17. https://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

Fuente de financiamiento:
Proyecto ANID-FONDECYT N°1262383 "Memorias del Paisaje: interacciones humanas y transformaciones paleoambientales en los bosques templados andinos (Araucanía Andina) durante el Holoceno. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

Programa de investigación "Uso de espacio y paleoambiente en la Araucanía andina durante el Holoceno: Etapa 1" y Programa de Fondo de Equipamiento códigos 2023FEQUIP- RB-03, 2025FEQUIP-CT-08, 2026FEQUIP- IR-08 y 2025FEQUIP-GL-07 (adjudicado a GL), Dirección de Investigación, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Católica de Temuco. Chile.

Declaración de autoría:
Conceptualización y curación de datos: Gustavo F. Lucero Ferreyra, Claudio A. Tapia y Mariana Sacchi.

Análisis formal, adquisición de fondos, obtención de financiamiento, visualización y redacción del borrador original: Gustavo F. Lucero Ferreyra y Claudio A. Tapia.

Investigación: Gustavo F. Lucero Ferreyra, Claudio A. Tapia, Marcelo Medina Gallegos,

Resumen
Este estudio presenta una caracterización inicial de fuentes de aprovisionamiento de obsidiana asociadas al volcán Sollipulli, en la región de Molulco (Araucanía andina, Chile). La metodología combinó prospecciones arqueológicas, análisis geológico-estratigráfico y caracterización geoquímica y petrográfica de ocho muestras provenientes de tres sectores (Molulco 2, 3 y 4), correspondientes a fuentes primarias y secundarias situadas entre los 900 y 1.380 m s.n.m. Las muestras fueron analizadas mediante espectrometría portátil de fluorescencia de rayos X (FRX), centrándose en elementos clave para la diferenciación de fuentes volcánicas (Fe, Sr, Rb y Zr). Complementariamente, se realizaron cortes delgados para el análisis petrográfico de la masa fundamental vítrea. Los resultados geoquímicos permiten identificar cinco agrupaciones composicionales distintas, lo que evidencia una mayor diversidad de variantes del tipo Nevados del Sollipulli (NS) respecto a lo previamente documentado. La fuente Molulco 3 corresponde a un afloramiento primario con dos coladas diferenciables, mientras que Molulco 2 y 4 consisten en bloques erráticos, posiblemente transportados por procesos glaciares. Particularmente, Molulco 4 contiene obsidiana negra con vetas rojas, una variante policroma de distribución restringida. Estos hallazgos permiten refinar la clasificación de las fuentes de obsidiana NS y aportan nuevos elementos sobre su diversidad cromática, composición geoquímica y distribución espacial. Se concluye que la estrategia multi-instrumental aplicada resulta efectiva para discriminar fuentes líticas y comprender con mayor precisión los patrones de aprovisionamiento en contextos arqueológicos de alta montaña.

Palabras clave:
Araucanía andina, región de Molulco, volcán Sollipulli, fuentes de obsidiana, caracterización petrográfica.

CC BY NC

Leonardo Mucciolo y Mariana Sacchi.

Metodología: Haroldo Lledó.

Administración del proyecto: Gustavo F. Lucero Ferreyra.

Revisión y edición: Gustavo F. Lucero Ferreyra, Claudio A. Tapia, Haroldo Lledó y Mariana Sacchi.

[a] Departamento de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, CP. 4813302, Temuco, Chile.
glucero@uct.cl
* Autor de correspondencia.

[b] Departamento de Obras Civiles y Geología, Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Temuco, Chile. Centro de Investigación en Evaluación de Riesgos y Mitigación de Peligros Geológicos, Geokimün, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Temuco, CP. 4810052, Temuco, Chile.
claudio.tapia@uct.cl

[c] Carrera de Arqueología, Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, CP. 4813302, Temuco, Chile.
mmedina2012@uct.cl

[d] Departamento de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, CP. 4813302, Temuco, Chile.
lmucciolo@uct.cl

[e] Departamento de Obras Civiles y Geología, Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Temuco. Centro de Investigación en Evaluación de Riesgos y Mitigación de Peligros Geológicos, Geokimün, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Temuco, CP. 4810052, Temuco, Chile.
hlledo@uct.cl

[f] Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Puán 480, CP. C1406CQJ, CABA, Argentina.
Departamento de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades. Centro de Estudios de Género. Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, CP. 4813302, Temuco, Chile.
msacchi@uct.cl

Abstract

This work presents an initial characterisation of obsidian procurement sources associated with the Sollipulli volcano, located in the Molulco region of Andean Araucanía, Chile. A multidisciplinary methodology was employed, combining archaeological surveys, geological-stratigraphic analysis, and petrographic and geochemical analysis. A total of eight obsidian samples were collected from three different sectors (Molulco 2, 3, and 4). These samples represented both primary and secondary sources, and were collected at altitudes ranging from 900 to 1,380 metres above sea level. The samples were analysed using portable X-ray fluorescence (XRF) spectrometry, with a focus on key elemental markers (Fe, Sr, Rb, and Zr). Thin sections were prepared for petrographic analysis of the vitreous groundmass. Geochemical data revealed five distinct compositional variants of Nevados del Sollipulli (NS) obsidian, thereby expanding the previously known diversity. Molulco 3 is a primary source with two chemically differentiated lava flows, while Molulco 2 and 4 consist of erratic boulders likely transported by glacial processes. The Molulco 4 specimen also unveiled a rare polychrome obsidian variant, distinguished by black obsidian exhibiting red banding and restricted spatial availability. These results refine the classification of NS obsidian sources and suggest greater spatial and geochemical complexity than was previously recognised. The applied methodology proved effective for lithic source discrimination and contributes to a better understanding of procurement strategies in highland archaeological contexts.

Key words:

Andean Araucanía, Molulco region, Sollipulli volcano, obsidian sources, petrographic characterization.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un estudio sobre disponibilidad de obsidiana en el valle de Molulco (38°56'S/38°59' S y 71°39'46 O/71°42' O), comuna de Melipeuco (provincia de Cautín, La Araucanía, Chile). El objetivo general es aportar información sobre la distribución y caracterización de nuevas variedades cromáticas de fuentes de materia prima lítica de obsidiana de Nevados del Sollipulli (NS de aquí en adelante) (Stern *et al.* 2008).

Este territorio, también conocido como Llaima o Llaimamapu (Neira *et al.* 2011), presenta un gradiente topográfico y ambiental heterogéneo de oeste a este con cordones montañosos y valles altoandinos que conectan con el límite de vertientes de aguas internacionales de la Cordillera de los Andes (Lucero *et al.* 2024) (Fig. 1). La accesibilidad a este sector cordillerano es influida principalmente por la topografía, con un acceso desde Llaima a través del valle del río homónimo, ya que se encuentra en una zona

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

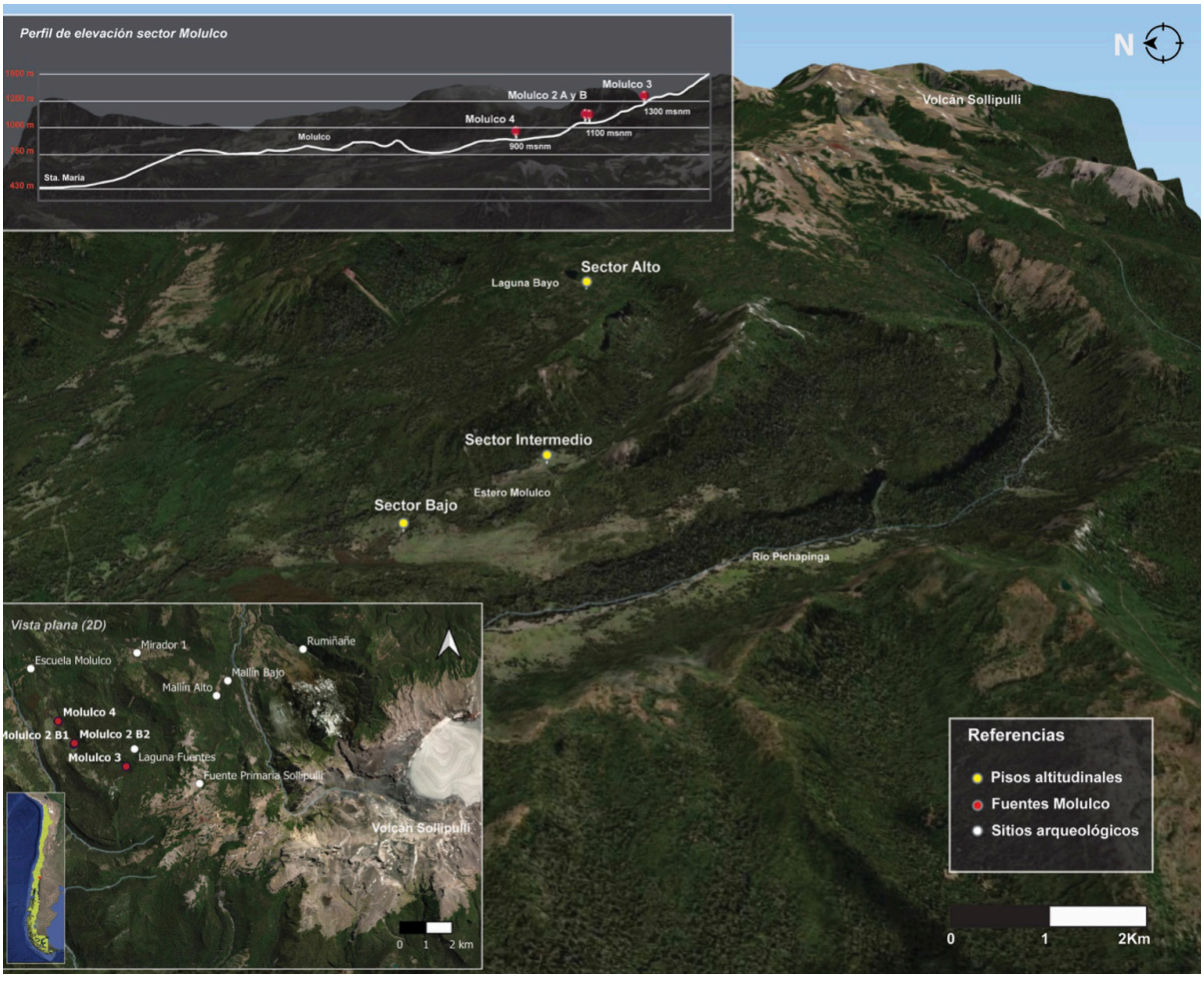


Fig. 1. Distribución de los sitios arqueológicos y de las fuentes de obsidiana en diferentes pisos altitudinales.

que conecta Cunco-Llaima con el lago Caburgua, y la ruta que bordea por el extremo sur el volcán Sollipulli, que permite acceder a través de Roigolil, a los pasos cordilleranos de Pilhue y Moquehue (Sacchi *et al.* 2025).

En los ecosistemas andinos las temperaturas se encuentran fuertemente condicionadas por la altitud. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen-Geiger (Beck *et al.* 2018) la región del Melipeuco se caracteriza por la presencia de inviernos fríos o templados y veranos secos y frescos. Existen fluctuaciones de temperatura entre los 770 y 3.000 m s.n.m. y se diferencian por la presencia de una estación fresca cuyas precipitaciones se dan en forma de lluvia o en forma de nieve. En el verano, algunas precipitaciones estivales y el deshielo producto del aumento de las temperaturas hacen que estos ambientes sean atractivos por su flora y fauna. Poseen temperaturas medias anuales entre los 6 °C y 11 °C, y durante el mes más frío se registran temperaturas medias entre -3 °C y -18 °C (Inzunza Bustos, 2019).

El espacio geográfico regional se organiza en relación con los principales cursos de agua existentes en la zona, sistemas de subcuencas lacustres, fluviales e interfluviales. El río Allipén es la cuenca de mayor superficie (aproximadamente 680 km^2) donde se destacan sus afluentes ríos Tracura, Llaima, Sahuelhue, Alpehue y Truful Truful (Navarro, 2012). En los sectores de valle abierto entre los 300 y 600 m s.n.m. la cobertura vegetal es de matorral-pradera con parches de bosque caducifolio templado andino

de raulí (*Nothofagus alpina*) y trevo (*Dasyphyllum diacanthoides)*. En algunos sectores de pendiente media y alta entre los 600 y 1.200 m s.n.m. se observa una distribución de bosque caducifolio templado andino de roble pellín (*N. obliqua*), coihue (*N. dombeyi*), raulí (*N. alpina*), ñire (*N. antárctica*) con araucaria (*Araucaria araucana)* (400-1.200 m s.n.m.). A partir de los 900 m s.n.m. en los sectores de mayor pendiente comienza a predominar el bosque resinoso templado andino de araucaria (*A. araucana*) y coihue (*N. dombeyi*) (Luebert y Pliscoff, 2017). Hacia el este del área de estudio hay una zona ecotonal del bosque-estepa coincidente con la provincia del Neuquén, Argentina, en el límite internacional. Aquí, la vegetación corresponde a la Provincia Fitogeográfica Altoandina, donde predomina una estepa de caméfitas y hemicriptófitas herbáceas (Oyarzabal *et al*. 2018, p. 53) (Fig. 1).

Los estudios arqueológicos de los Andes en la zona centro sur de Chile, en general, se han focalizado en procesos adaptativos a los bosques templados subandinos desde el período Arcaico (Adán *et al*. 2006). En general, el relieve y las variables ambientales limitan el asentamiento y la circulación humana en la zona. Debido a su marcada estacionalidad, los sectores situados por encima de los 1.000 m s.n.m. podrían quedar inhabilitados durante el invierno, resultando en condiciones menos favorables para la ocupación (Lucero *et al*. 2024).

Las investigaciones sobre disponibilidad regional de recursos líticos son transcendentales, destacándose la importancia del aprovisionamiento en la organización de la subsistencia (Carrera Aizpitarte, 2013; Bamforth, 1986; Ericson, 1984; Escola, 2002; Nami, 1992). Los estudios arqueológicos efectuados anteriormente sobre la explotación de obsidiana del volcán Nevados del Sollipulli se enfocaron fundamentalmente en sitios arqueológicos y afloramientos rocosos. Se destaca fundamentalmente el afloramiento en el valle del Alpehue (Navarro, 2012; Stern *et al*. 2008). Las obsidianas del grupo geoquímico Melipeuco/Sollipulli también se señalan en afloramientos rocosos en el sector de mesetas de altura al suroeste del volcán Sollipulli. Entre los sitios se encuentran El mirador 1 y Laguna Fuentes (Navarro, 2012; Stern *et al*. 2008) (Fig. 1). Por su parte, Molulco es descrito como un sitio de 1 km de largo y 5 m de ancho. Se encuentra "*…dividido por un camino abierto a pala que dejó descubierto el sitio en dirección nororiente, comenzando en una zona plana que luego va ascendiendo en forma paulatina a cotas mayores hacia el oriente*" (Navarro 2012, p. 165). Una revisión profunda del área ha permitido identificar diferentes sectores de actividades semejantes a los de un sistema secuencial (Ericson, 1984) involucrando fuentes y talleres en sectores específicos y el transporte de formas-base y *tool kits* desde la cantera-taller hacia los sitios arqueológicos (Sacchi *et al*. 2025). Los datos obtenidos en campo se volcaron en una carta geológica digitalizada mediante un SIG (Fig. 3). El trabajo interdisciplinario entre la arqueología y la geología ha sido fundamental para la identificación de afloramientos primarios y la caracterización macroscópica de estos. Estos estudios han sido complementados con un análisis mediante fluorescencia de rayos X (FRX) portátil (Glascock y Ferguson, 2012) y con análisis petrográficos de corte de lámina delgada procurando una aproximación más precisa en la asociación entre fuentes y sitios. La información presentada en este trabajo amplía la cantidad de fuentes de materia prima de obsidiana disponible en la microrregión de Molulco, reforzando el rol y el potencial que ha tenido la obsidiana Sollipulli en el pasado.

CONSIDERACIONES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

Se considera que la producción lítica es un proceso que forma parte de un sistema que comprende "la totalidad de actividades sincrónicas y localizaciones involucradas en la utilización y modificación del material lítico de una única fuente específica para manufacturar y utilizar herramientas de piedra en un sistema social amplio" (Ericson, 1984, p. 3). Este proceso puede desarrollarse en diferentes áreas, dependiendo de cómo estén distribuidos los recursos en el ambiente y de las estrategias que adopten los grupos involucrados. Además, las fases de producción pueden realizarse en uno o varios lugares, lo que permite distinguir entre sistemas terminales, secuenciales o irregulares. Cuando el proceso reductivo es secuencial, la actividad de talla se inicia en un espacio determinado y se completa en otros, que pueden ser los sitios de uso de las herramientas o estar cerca de estos (Ericson,

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

1984, p. 4). También, se considera que la elección de recursos depende de la forma en que se planifica el aprovisionamiento en el marco de la organización general de la subsistencia y de la disponibilidad y accesibilidad a la materia prima (Binford, 1979; Gould, 1978; McAnany, 1988). Tanto la disponibilidad de los recursos como la accesibilidad a las fuentes tiene implicancias en los costos de obtención y transporte (Andrefsky, 2005; Elston, 1990; Kuhn, 1995). Por otro lado, las fuentes se distinguen entre primarias y secundarias; las primarias son aquellas en las que el material aparece en forma de filones u otras manifestaciones geológicas originarias de la zona y las secundarias, aquellas en las que la materia prima ha sido transportada por algún agente (Nami, 1992).

La detección de fuentes de materia prima se realizó mediante prospecciones. Los sitios identificados se caracterizan por presentar material de obsidiana con evidencia de utilización humana alrededor de afloramientos rocosos naturales primarios de obsidiana. Las muestras geológicas fueron recolectadas de cuatro sectores cercanos al estero Molulco (Figs. 1 y 2). Las muestras MOL4-1 y MOL4-2 se corresponden al área alrededor de Molulco 4 en la cota de los 900 m s.n.m. Cuatro muestras se tomaron a una cota aproximada de 1.070 m s.n.m., de los bloques Molulco 2 bloque 1 (MOL2-1, MOL2-2) y Molulco 2 bloque 2 (MOL2-3 y MOL2-4). Finalmente, las muestras MOL3-1 y MOL3-2 corresponden a un afloramiento, *in situ*, de coladas de lavas entre las cotas 1.340 y 1.380 m s.n.m., en las inmediaciones del sitio Molulco 3.

Las muestras se pulverizaron usando un mortero de cerámica y luego fueron compactadas en un molde de acero inoxidable circular usando una prensa hidráulica, con el fin de homogenizar y reducir la porosidad del material. Esta preparación permite disminuir variaciones de concentración de elementos presentes en la muestra de obsidiana que ocurren producto de distribuciones no homogéneas de minerales o vesículas. Las rocas de lavas de un mismo flujo, en general, muestran variaciones texturales como micro cristalinidad y ocurrencia de vesículas. Estas últimas, producto de la desgasificación durante el enfriamiento del cuerpo. Se midieron concentraciones de elementos mayores, menores y traza en el Laboratorio de Cultura Material del Departamento de Arqueología de la Universidad Católica de Temuco, utilizando el método FRX, con el instrumento portátil Tracer 5i de Bruker con colimador de 8 mm y en configuración predeterminada para obsidiana del software desarrollado y calibrado por Missouri University Reactor Research (MURR), de la Universidad de Missouri en Columbia. Se cuantificaron un total de 10 elementos (Mn, Fe, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb y Th), porque para obsidiana estos elementos son los que mejor muestran variaciones composicionales químicas de fuente magmática. Muestras estándares de Centerville Diabase (W-2a) y Rhyolite, Glass Mountain (RGM-2) del U.S. Geological Survey, fueron medidos para verificar la calibración del instrumento. Los resultados mostraron una diferencia menor a la sensibilidad del instrumento en todos los elementos usados para el análisis de este trabajo. Todos los resultados son presentados en concentraciones de PPM para simplificar comparaciones entre todos los elementos y representan el promedio obtenido por medición durante 60s de duración, usando una ventana delgada de rayo-X de Rodio (Rh) con un generador de rayo-X entre 6 y 50 kV, con 4,5 a 200 μA, y una salida máxima de 4 Watt. El software entrega los valores promediados del análisis además de su desviación estándar, que es usada para comparar las distintas fuentes naturales. Aquellos resultados que no intercepten en parte sus intervalos de desviación estándar son considerados químicamente distintos (*e.i.* Alloway *et al.* 2005, Tapia *et al.* 2015). Como método complementario, se midió la susceptibilidad magnética de las muestras, dado que este parámetro permite identificar variaciones en la concentración de minerales magnéticos, potencialmente vinculadas a las condiciones de emplazamiento de distintos flujos volcánicos, contribuyendo así a una mejor caracterización de la fuente natural de obsidiana. Para ello, se utilizó un susceptibilímetro Bartington MS3 con sensor de frecuencia dual MS2B, perteneciente al Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Materiales de la Universidad Católica de Temuco. Los valores fueron corregidos por volumen y expresados en unidades del Sistema Internacional (SI).

Dos secciones delgadas de muestras geológicas de Molulco 2 fueron preparadas en las instalaciones del Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas Análisis Petrográfico, del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de

Temuco, con el fin de caracterizar petrográficamente la masa fundamental vítrea de la roca. Fotografías de los cortes transparentes se tomaron con un microscopio Nikon Eclipse LV100ND con una cámara Basler Ace2 acoplada y el mosaico de las microfotografías se realizó con la aplicación Microvisioneer mvSlide, todo ello en las instalaciones del Laboratorio de Estudios Cristalográficos del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de Temuco.

Se cortaron cubos de volumen entre 3,5 y 4,2 cm^3 para medir el factor de inhomogeneidad de la magnetización remanente natural de las muestras. Las muestras se midieron usando el magnetómetro de rotación portable (PSM) del fabricante *MAG Instruments*, del Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Materiales del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de Temuco. El factor de homogeneidad fue calculado siguiendo a Kodama (2023), con la aplicación *PSM control* del mismo fabricante. El factor de inhomogeneidad es la cuantificación en porcentaje (mientras más homogéneo menor porcentaje) que refleja si la muestra tiene más de un dipolo distinto al dipolo principal de la muestra y puede ser interpretado, por ejemplo, como una medida de distribución de partículas magnéticas desiguales o con una orientación preferencial o por una mezcla de un número pequeño de variados tamaños y formas de granos magnéticos con anisotropías distintas (Kodama, 2023). En la medida en que el emplazamiento de flujos de lava produce una distribución heterogénea de microcristales y vesículas, las variaciones composicionales observadas deben interpretarse, en primera instancia, como resultado de la anisotropía interna de la roca, antes que como evidencia de fuentes volcánicas distintas.

LAS FUENTES

La obsidiana NS se caracteriza por ser de alta calidad para la talla y por su color negro con bajo contenido en sílice y mayor contenido de titanio y hierro en comparación a la obsidiana del volcán Chaitén. También se han observado materiales en obsidiana del grupo químico NS en color gris con y sin vetas, y obsidiana negra con vetas rojas (Stern *et al.* 2008).

Se ha destacado que esta materia prima tuvo una amplia dispersión, llegando hasta la costa sur de Valdivia y Chiloé (Stern *et al.* 2008, p. 186), la isla Mocha (Campbell *et al.* 2018; Peñaloza *et al.* 2019) y en diversos sectores de la vertiente occidental cordillerana (Pérez *et al.* 2019). Si bien se ha especulado sobre la supuesta ubicuidad regional de todas estas variaciones cromáticas (Pérez *et al.* 2022), hasta la fecha no habían evidencias directas sobre la existencia de las fuentes.

El trabajo de campo incluyó prospecciones en dos bloques del sitio Molulco 2 (Navarro, 2012) y de un nuevo bloque Molulco 4 y un nuevo afloramiento rocoso *in situ* Molulco 3, localizados en diferentes pisos altitudinales (Figs. 1 y 2).

Fuente Molulco 2 (38°57'56.77"S - 71°41'30.10"O)

Esta fuente fue mencionada por Navarro (2012) en su tesis doctoral. Se trata de dos bloques erráticos de obsidiana de grandes dimensiones redepositados por procesos glaciares. Aunque tipológicamente se clasifica como una fuente secundaria al no hallarse en su formación geológica original (*sensu* Nami, 1992), el material no presenta la típica morfología de cantos rodados o piezas pequeñas; por el contrario, se manifiesta con gran tamaño y homogeneidad, sugiriendo una disponibilidad diferenciada propia de las fuentes primarias. Se localiza en un valle rodeado por dos macizos lávicos, en una cota entre los 1.050-1.100 m s.n.m. sobre la cara oeste del volcán Sollipulli, donde predominan lavas e ignimbritas de la Unidad 2 (Pleistoceno-Holoceno) (Naranjo *et al.* 1993) (Figs. 1 y 2).

El primer bloque volcánico se localiza sobre un espacio abierto que forma parte de un humedal de unos 650 m de largo (Figs. 2A y B). Posee 3 m de altura por 4 m de ancho aproximadamente. La cara norte presenta extracciones de diferentes tamaños y en diferentes direcciones. En su superficie hay evidencias de estas actividades extractivas presentando productos de talla de diferentes formas y tamaños. Este bloque ha sido monitoreado en diferentes estaciones, encontrándose parcialmente sumergido por las aguas del mallín durante una parte del año.

El segundo bloque (Fig. 2C) se localiza sobre la falda occidental de un valle que desemboca en la base oeste del volcán Sollipulli. Posee 2 m por 2 m y posee una cara con evidencias de

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415



Fig. 2. A) Fuente Molulco 2 Bloque 1, cara norte; B) Fuente Molulco 2 Bloque 1 detalle de extracciones; C) Fuente Molulco 2 Bloque 2, vista hacia el sur; D) Fuente Molulco 3, vista hacia el este; E) Fuente Molulco 3, detalle de extracciones; F) Fuente Molulco 4, vista hacia el norte; G y H) Fuente Molulco 4, productos de talla y núcleos dispersos en torno a la fuente.

actividades extractivas. Ambos bloques presentan obsidiana negra de tipo riolítica. Los dos bloques se encuentran en el área de la unidad geológica Hv(pf), que corresponde a depósitos de flujo piroclásticos de edad holocena (Lemus y Honores, 2019).

Fuente Molulco 3
(38°58'28.03"S - 71°40'11.06"O)

Molulco 3 es una fuente primaria que se localiza a 1.300 m s.n.m, en un camino que asciende a la laguna del Mirador o laguna Bayo, en el flanco oeste del volcán Sollipulli (Fig. 1). Es de dificultoso acceso debido a que se encuentra en una pendiente de 30% de inclinación. Se accede al lugar luego de cruzar en dos oportunidades el estero Molulco. Consiste en un afloramiento rocoso de 5 m de largo por 0,5 m de altura de una porción de un flujo de colada de lava que es parte de una sucesión de coladas que constituye el edificio volcánico en ese lugar. En el sitio no se observa contactos entre capas por lo que se infiere que el afloramiento representa una parte de un solo flujo. El cuerpo se encuentra parcialmente cubierto por suelo y vegetación lo que impide estimar las dimensiones volumétricas de la capa (Fig. 2D y E). En superficie y hacia las partes bajas del camino se registran productos de talla e instrumentos en diferentes tamaños (predominantemente mediano a grande) y en distintos grados de fragmentación. No obstante, los procesos tafonómicos aún no han sido evaluados (Borrazzo, 2016; Waters, 1992). Esta fuente se asocia a la unidad geológica Plmv(d) de edad Pleistoceno medio a Pleistoceno superior (Lemus y Honores, 2019) (ver Fig. 3).

Fuente Molulco 4
(38°57'26.57"S - 71°42'0.50"O)

Corresponde a una fuente secundaria constituida por un bloque volcánico de aproximadamente 2,5 m de largo por 1,5 m de ancho, parcialmente enterrado en las cercanías de la cota 900 m s.n.m. (Fig. 1), cuya porción superior sobresale más de un metro sobre la superficie del terreno (Fig. 2F). Se ubica a unos 100 m del estero Molulco. Macroscópicamente presenta un color negro con bandas rojas. En los sectores periféricos del bloque, en un área de dispersión de 50 m, se detectaron fragmentos de núcleo y desechos de talla de la misma materia prima (Figs. 2G y H). El bloque se encuentra emplazado en el área que ha sido asignado al grupo geológico Hv(pf) relacionados con depósitos de flujos piroclásticos del Holoceno (Lemus y Honores, 2019) (ver Fig. 3).

GEOLOGÍA DEL SECTOR

En el sector estudiado se encuentran cinco unidades volcánicas (Lemus y Honores, 2019). Los depósitos volcánicos más antiguos del área de estudio son los PPlm(a) (Fig. 3), de edad Plioceno a Pleistoceno inferior, agrupadas en la Formación Malleco (Naranjo *et al.* 1993; Suárez y Emparan, 1997). Comprenden principalmente lavas de facies proximal, basálticas de olivino y andesitas basálticas, además de depósitos volcanoclásticos. Esta unidad se distribuye principalmente a lo largo del sector oeste, sobre los 1.000 m s.n.m.

Por otro lado, la zona presenta estratos más jóvenes (Pleistoceno medio-Pleistoceno superior), como los estratos volcánicos ancestrales, principalmente las lavas, también de composición variada desde basaltos a dacitas, que representan partes remanentes de centros eruptivos ya extintos de intra arco (Plmsv(d), Plmv(d) y Plsv(d) en Fig. 3). Estas unidades se distribuyen mayoritariamente a lo largo de la zona de estudio, pero de ellas la más extensa es Plmv(d), a la cual pertenece la fuente Molulco 3 (ver Fig. 3).

En la parte central hacia el norte, en los alrededores del estero Molulco, afloran depósitos de flujos piroclásticos (Hv(pf) en Fig. 3), que han sido relacionados a los estratovolcanes del Holoceno (históricos y actuales). La composición de estos depósitos varía entre dacítico y basáltico (Lachowycz *et al.* 2015; Naranjo *et al.* 1993). En esta unidad se encuentran los bloques de los sitios Molulco 2 y 4.

Al oeste del río Pichapinga, en las partes más baja de la ladera de alta pendiente y en contacto sobre las unidades volcánicas, en el sector oeste del área de estudio, se agrupan los depósitos coluviales, aluviales (Hca) y de remociones en masa (Hrm) del Holoceno. Finalmente, asociado al río Pichapinga se encuentran los depósitos fluviales aterrazados, del Holoceno (Hf en Fig. 3).

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

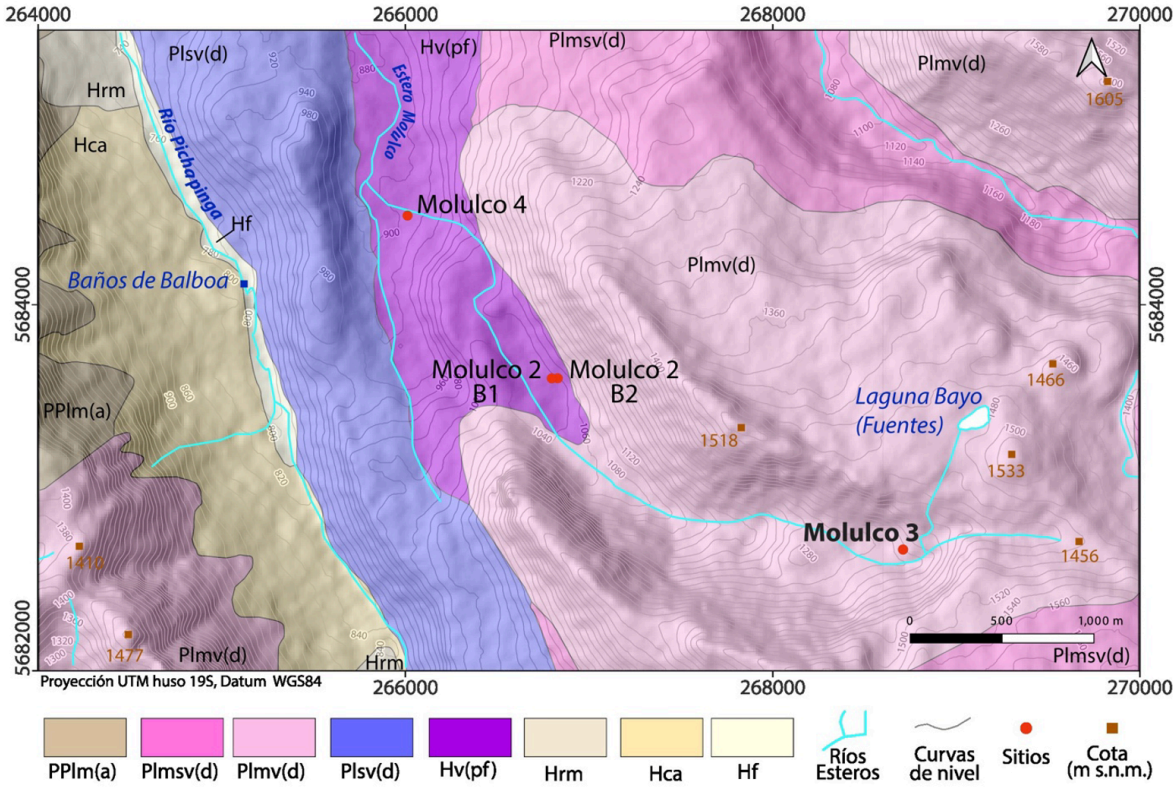


Fig. 3. Mapa geológico del área de estudio, modificado de Lemus y Honores (2019). Se observa que algunos sitios se distribuyen a lo largo del estero Molulco en las unidades geológicas Hv(pf) y Plmv(d). Laguna Fuentes corresponde a laguna Bayo según carta Melipeuco del Instituto Geográfico Militar, escala 1:50.000.

RESULTADOS

Todas las muestras analizadas revelan características texturales macroscópicas similares con una masa fundamental vítrea oscura y en ocasiones levemente gris, con baja ocurrencia o ausencia de vesículas y superficies lisas con fractura concoide. Sólo las muestras MOL4-1 y MOL4-2 muestran zonas coloradas posiblemente debido a presencia de hematita, mineral compuesto de óxido de hierro (α-Fe2O3). Lo anterior es consistente con los resultados de susceptibilidad magnética (ver Tabla 1). Las muestras MOL2-1, MOL2-2, MOL2-3, MOL2-4, MOL3-1 y MOL3-2 presentan susceptibilidad magnética entre 1.18 y 3.04 x 10-5 SI, en cambio las muestras MOL4-1 y MOL4-2 tienen un orden de magnitud más bajo con 4.80 y 7.22 x 10-6 SI, respectivamente, debido a la oxidación de magnetita a hematita durante el proceso de enfriamiento del flujo natural. La magnetita tiene susceptibilidad magnética mayor que la hematita.

La concentración de Fe varía desde 11.032 hasta 17.525 ppm, y la de Sr desde 112 hasta 170 ppm (Fig. 4A, Tabla 1). Las concentraciones de Rb y Zr fluctúan desde 106 hasta 158, y desde 175 hasta 210 ppm respectivamente (Fig. 4C, Tabla 1).

Los resultados del análisis de FRX indican que las muestras MOL2-2, MOL2-3 y MOL2-4 tienen valores bien agrupados de concentración de Fe entre 11.184 y 11.422 ppm y de Sr entre 115 y 121 ppm. Sin embargo, son químicamente distintas, porque sus intervalos de desviación estándar no se interceptan, a las muestras MOL4-1, MOL4-2, MOL2-1, MOL3-1 y MOL3-2 con Fe entre 14.519 y 17.525 ppm, y Sr entre 130 y 170 ppm (Fig. 4a y Tabla 1).

Desde otra perspectiva, la diferenciación entre las muestras MOL4-1 y MOL4-2 resulta inviable al considerar el uso de los elementos

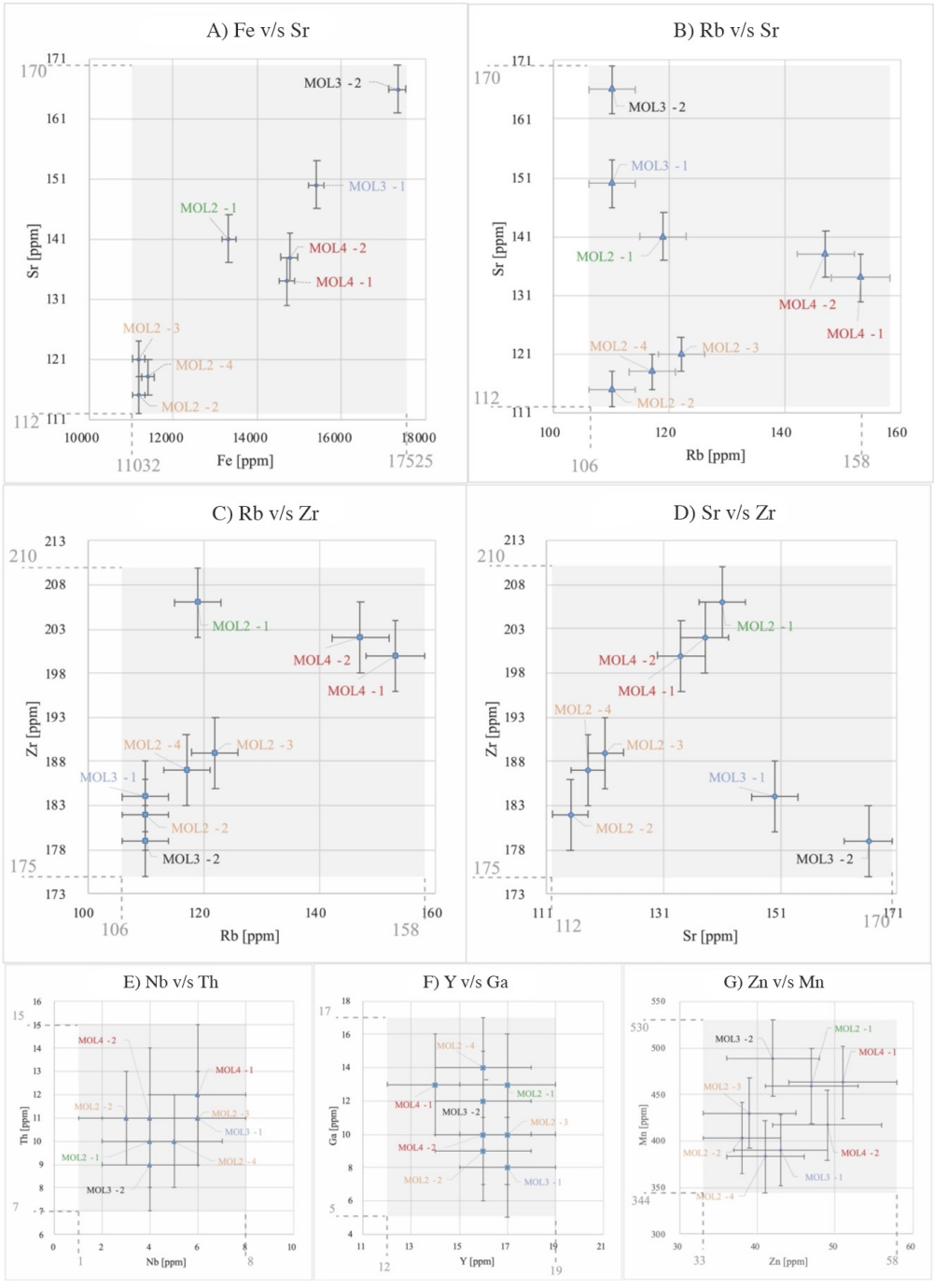


Fig. 4. Análisis FRX. Resultados de concentraciones de elementos en PPM, obtenidos de análisis FRX para las muestras de obsidiana de los sitios Molulco 2, Molulco 3 y Molulco 4. A) Fe vs Sr; B) Rb vs Sr; C) Rb vs Zr; D) Sr vs Zr, E) Nb vs Th; F) Y vs Ga y G) Zn vs Mn. Cuadros con fondo gris claro indica área de variabilidad. Gráficos A, B, C y D corresponden a elementos usados para discriminar fuentes volcánicas (Fe, Sr, Rb y Zr). Líneas muestran la desviación estándar para cada muestra. La variabilidad de los elementos de todas las muestras permite caracterizar las fuentes naturales de los Nevados de Sollipulli para futuras comparaciones con métodos equivalentes.

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

Tabla 1. Resultados de análisis FRX de muestras de obsidiana. MOL2, MOL3 y MOL4 se refiere a los sitios Molulco 2, Molulco 3 y Molulco 4 respectivamente. Err, corresponde a la desviación estándar de la medición.

Muestra	MOL2-1	MOL2-2	MOL2-3	MOL2-4	MOL3-1	MOL3-2	MOL4-1	MOL4-2
Mn [ppm]	459	403	430	383	390	489	463	417
Mn Err [ppm]	41	38	38	39	38	41	39	38
Fe [ppm]	13.333	11.195	11.184	11.422	15.415	17.332	14.712	14.773
Fe Err [ppm]	169	149	152	151	190	193	193	194
Zn [ppm]	47	38	39	41	43	42	51	49
Zn Err [ppm]	6	5	6	5	6	6	7	7
Ga [ppm]	13	9	10	14	8	12	13	10
Ga Err [ppm]	3	3	3	3	3	3	3	3
Rb [ppm]	119	110	122	117	110	110	153	147
Rb Err [ppm]	4	4	4	4	4	4	5	5
Sr [ppm]	141	115	121	118	150	166	134	138
Sr Err [ppm]	4	3	3	3	4	4	4	4
Y [ppm]	17	16	17	16	17	16	14	16
Y Err [ppm]	2	2	2	2	2	2	2	2
Zr [ppm]	206	182	189	187	184	179	200	202
Zr Err [ppm]	4	4	4	4	4	4	4	4
Nb [ppm]	4	3	6	5	6	4	6	4
Nb Err [ppm]	2	2	2	2	2	2	2	2
Th [ppm]	10	11	11	10	11	9	12	11
Th Err [ppm]	2	2	2	2	2	2	3	3
Total [ppm]	14.349	12.082	12.129	12.313	16.334	18.359	15.758	15.767
Susceptibilidad Magnética [SI]	2.17E-05	1.45E-05	1.18E-05	1.45E-05	2.67E-05	3.04E-05	4.80E-06	7.22E-06

Fe, Sr y Rb, dado que sus valores promedios y desviaciones estándares, obtenidos de la medición instrumental (Fig. 4A y Tabla 1), presentan una superposición significativa (Fig. 4A y B). Estas muestras sí son químicamente distintas (porque sus intervalos de desviación estándar no se interceptan) a MOL2-1, MOL3-1 y MOL3-2 (Fig.4A, B y C; Tabla 1). De estas últimas, la muestra MOL2-1 presenta concentraciones de Fe, Sr, Rb y Zr químicamente distinta (en cuanto sus intervalos de desviación estándar no se interceptan) a las muestras MOL3-1 y MOL3-2 (Fig. 4A, B, C y D). Finalmente, la muestra MOL3-1 se distingue de la MOL3-2 usando concentraciones de Fe y Sr (Fig. 4A, B y D). Las concentraciones de elementos Nb, Th, Y, Ga, Zn y Mn no mostraron ser útiles para diferenciar químicamente las fuentes de las 8 muestras analizadas.

En resumen, las concentraciones de los elementos Fe, Sr, Rb y Zr facilitan clasificar las muestras en cinco posibles variantes químicas volcánicas, complementando la fuente ya identificada por Stern y colaboradores (2008). Una variante incluye las muestras MOL2-2, MOL2-3 y MOL2-4. Una segunda variante definida por las muestras MOL4-1 y MOL4-2. Una tercera variante representada por la muestra MOL2-1. Una cuarta variante caracterizada por la geoquímica de la muestra MOL3-1 y una quinta representada por MOL3-2.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados muestran una ampliación de las variedades cromáticas que hasta el momento habían sido atribuidas a Portada Covunco

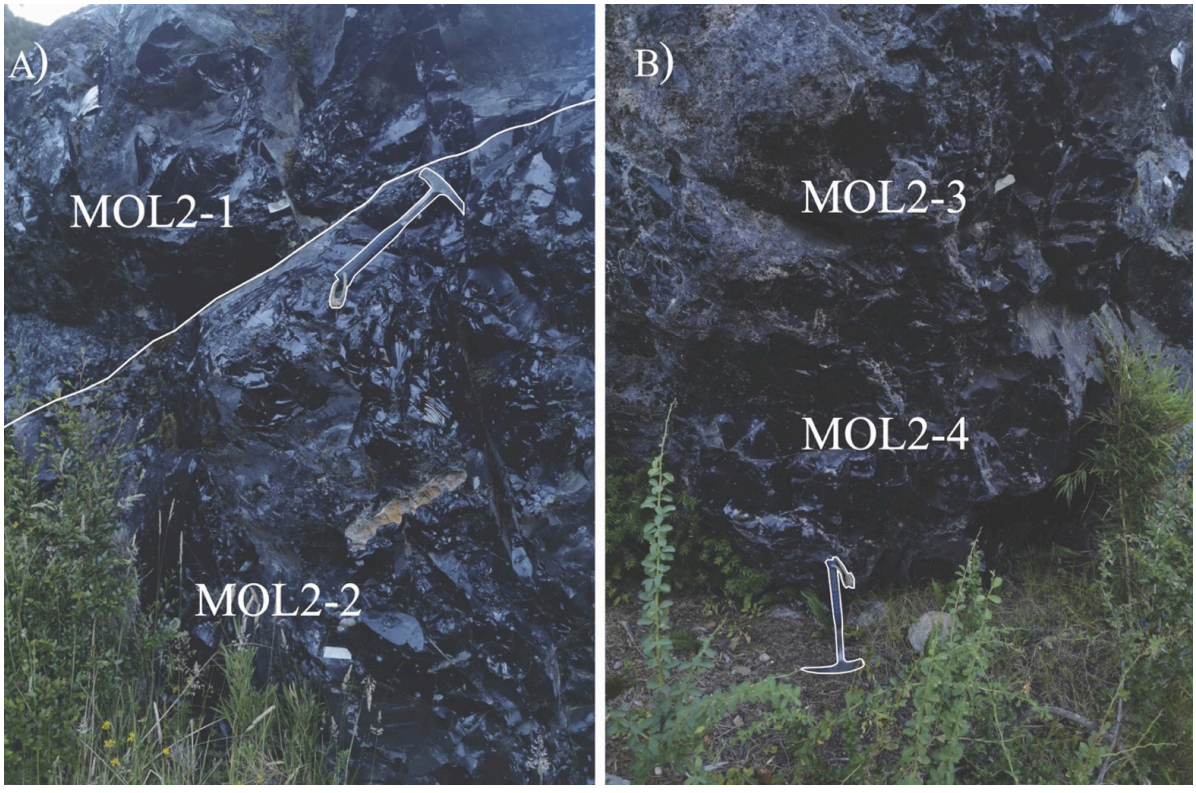


Fig. 5. Fotos de los bloques del sitio Molulco 2. A) Bloque 1 y superficie de contacto que evidencia 2 flujos de lava distintos, consistente con diferencias en análisis de FRX; B) Bloque 2, de donde se obtuvieron las muestras MOL2-3 y MOL2-4. El martillo es aproximadamente de 30 cm de largo.

(PC) distante a 200 km al noreste de Nevados del Sollipulli (NS).

Molulco 3 representa la única fuente donde la obsidiana es extraída directamente de la roca *in situ* y que pertenece a la unidad volcánica Plmv(d) de Lemus y Honores (2019). Sin embargo, las muestras MOL3-1 y MOL3-2 muestran una geoquímica diferente, lo que es interpretado como evidencia de que las muestras pertenecen a dos flujos de lavas distintas pero pertenecientes a la misma secuencia de coladas de lavas en la unidad. El contacto entre los dos cuerpos no se observa claramente en el lugar.

Las muestras MOL2-1, MOL2-2 provienen de un mismo bloque de lava, Molulco 2 Bloque 1, y las muestras MOL2-3 y MOL2-4 provienen de otro bloque de lava, de Molulco 2 Bloque 2. Los dos bloques se encuentran depositados en el área de la unidad geológica Hv(pf), que corresponde a depósitos de flujo piroclásticos de edad Holocena y, por lo tanto, los bloques no corresponden a esta unidad genética. Por otro lado, los bloques son significativamente grandes con diámetros de más de 3 m y por el peso y volumen que representan es improbable que hayan sido transportado por gravedad desde las laderas más cercanas al sitio, que pertenecen a las unidades Plmv(d) y Plsv(d). Sumado a esto, la composición química de las cuatro muestras son diferentes a las composiciones de las muestras de Molulco 3 porque sus intervalos de desviación estándar no se interceptan (Fig. 4 y Tabla 1) y que se sabe con certeza fue obtenida de la unidad Plmv(d). Por lo tanto, los bloques probablemente fueron transportados a través de un cuerpo glacial durante el periodo del último máximo glacial desde algún lugar valle arriba desde unidades de rocas que no necesariamente afloran en la zona donde se encontraron. Sin embargo, como las muestras MOL2-3 y MOL2-4 del bloque B2 mostraron una composición química similar a MOL2-2 del bloque B1 se sugiere que ambos bloques provienen de la misma fuente de roca. Más aun, el

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

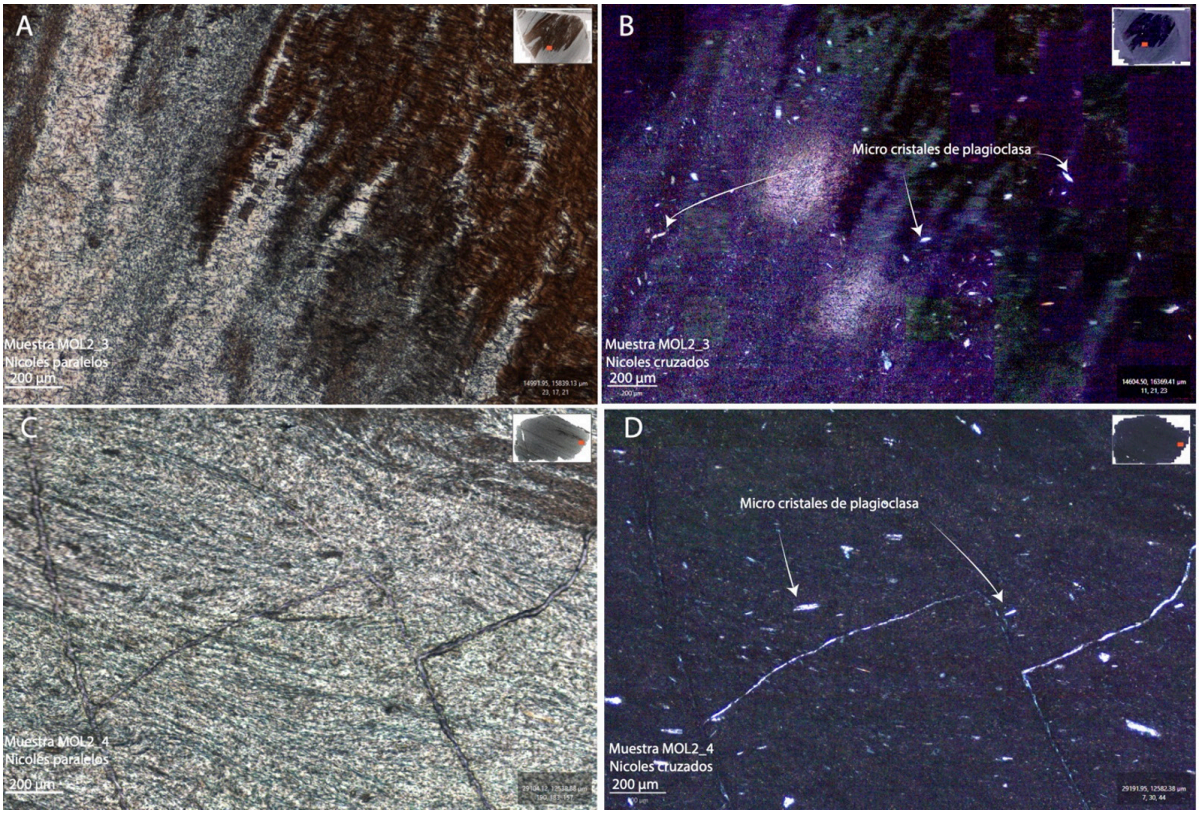


Fig. 6. Fotos de cortes transparentes para las muestras del sitio Molulco 2, Mol2-3; A) a nicoles paralelos; B) a nicoles cruzado en el mismo lugar; y Mol2-4; C) a nicoles paralelos; D) a nicoles cruzados. Notar la presencia de micro cristales de plagioclasa. Muestra Mol2-4 muestra tamaños de microcristales ligeramente más grande que para la muestra Mol2-3.

bloque B1, muestra una superficie de contacto (ver Fig. 5A) que es interpretada como el límite entre dos flujos de lavas diferentes y por lo tanto explicaría la diferencia química con respecto a la muestra MOL2-1. En cambio, el flujo de donde se obtuvo MOL2-2 se interpreta como el mismo flujo de donde proviene el bloque B2, y este último no muestra una superficie de contacto entre dos unidades como el bloque B1 (ver Fig. 5B). Además, bajo microscopio, en los cortes de lámina delgada no se observa una gran diferencia entre ambas muestras, solo una pequeña variación en el tamaño de los microcristales de plagioclasa inmersos en la masa fundamental (ver Fig. 6). Esto es consistente con el resultado del cálculo de factor de inhomogeneidad de dipolo magnético bajo (7%), para ambas muestras MOL2-3 y MOL2-4 que se interpreta como reflejo de una masa fundamental homogénea sin una distribución preferencial de partículas magnéticas y sin grandes variaciones en tamaños de partículas magnéticas.

El análisis de la muestra proveniente de Molulco 4 evidencia una composición química distinta respecto de las demás fuentes registradas. Los resultados de susceptibilidad magnética refuerzan la hipótesis de que la obsidiana arqueológica MOL4, de aspecto jaspeado y coloración rojiza, se asocia a procesos de oxidación en los que la magnetita se transforma en hematita. En este contexto, la disminución del contenido de magnetita -mineral de mayor susceptibilidad magnética- y la formación de hematita -de menor susceptibilidad- explica que las muestras de MOL4 presenten un orden de magnitud menor en comparación con el resto. Finalmente, el bloque se interpreta como un clasto transportado por acción glaciar desde una fuente volcánica ubicada río arriba, la cual no necesariamente aflora en las inmediaciones del sitio (Tapia *et al.* 2026).

En general, la variabilidad geoquímica de las ocho muestras volcánicas analizadas permite diferenciar con certeza un mínimo de cinco fuentes

naturales de obsidiana pertenecientes a distintas capas de lavas que han sido incluidas en las unidades volcánicas Pleistoceno-Holoceno presentes en la zona y provenientes del volcán Sollipulli. Los resultados de concentraciones de Rb, Sr, Y y Th en el presente estudio son consistentes con los resultados presentados previamente por Stern y colaboradores (2008) de obsidianas encontradas en laguna Fuentes (Bayo), excepto por las concentraciones de Zr en laguna Fuentes, cuyos valores están levemente más altos que los del presente trabajo (sobre los 220 ppm, ver Tabla 2 en Stern *et al*. 2008). Esto podría ser explicado por diferencias en los métodos aplicados (ICP-MS en el trabajo de Stern *et al*. 2008). El método aplicado aquí ha mostrado ser eficiente para diferenciar distintas capas volcánicas de composiciones genéticas similares. Sin embargo, ser requieren más mediciones para distinguir el espectro completo de composiciones del vulcanismo del volcán Sollipulli.

Hasta aquí se presentaron los resultados de nuevas fuentes de obsidiana con la señal NS. Se caracterizaron geológica y geoquímicamente la fuente Molulco 2 y se presentaron dos nuevas, Molulco 3 y Molulco 4 que poseen variedades cromáticas diferentes. Los datos analizados permiten reconsiderar la distribución geográfica y las características de la obsidiana en el sur de Chile, en particular la del tipo NS.

En relación a esta señal, se ha sugerido su presencia principalmente en la vertiente occidental de los Andes, en distintos contextos arqueológicos (Campbell *et al*. 2018; Navarro, 2012; Peñaloza *et al*. 2019; Pérez *et al*. 2022; Stern *et al*. 2008). No obstante, investigaciones recientes han documentado su presencia en varios sectores de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes (Pérez *et al*. 2019).

La presencia de obsidiana policroma en NS permite comenzar a cuestionar la asignación exclusiva de ciertos materiales a PC en los sitios de la región. La variedad cromática denominada "atigrada" (Campbell *et al*. 2017; Peñaloza *et al*. 2019), que también está disponible en la vertiente oriental andina, no es exclusiva de la fuente PC. Si bien Pérez y colaboradores (2023), a partir del hallazgo de piezas de obsidiana policroma en el sitio Villa JMC-1 (Labranza), habían sugerido como posibles fuentes tanto NS/MEL en Chile como PC1 en la estepa neuquina de Argentina, hasta ahora no existía evidencia concreta de su presencia en la vertiente occidental.

Por su parte, Peñaloza y colaboradores (2019) proponen que la presencia de obsidiana atigrada de la fuente PC 1 podría reflejar la existencia de amplias redes de interacción humana que incluyen la vertiente oriental andina. En ese marco, sugerimos que NS podría haber formado parte de este circuito de movilidad, proveyendo obsidiana con variedades cromáticas similares a las de PC en momentos más tardíos.

Aunque se ha especulado sobre una supuesta ubicuidad regional de estas variaciones cromáticas (Pérez *et al*. 2022), hasta la fecha no se contaba con evidencia directa sobre la distribución espacial de las fuentes, que se hallan en puntos específicos del paisaje. En el sector analizado, la variedad policroma se encuentra en menor proporción, localizada en un pequeño bloque y en forma de bochones dispersos a lo largo del estero Molulco. Lo anterior permite inferir que su disponibilidad, al menos en esta etapa, está acotada a sectores puntuales. Por el contrario, predominan las variantes negra y gris veteada, que presentan la misma calidad para la talla. Este patrón podría reforzar la hipótesis previamente planteada que vincula las variedades policromas con posibles expresiones de redes de interacción más amplias.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue aportar a la caracterización y distribución de las variedades de obsidiana de Nevados del Sollipulli (NS) en la localidad de Molulco. La aplicación de FRX portátil sobre ocho muestras, complementada con análisis petrográfico y de susceptibilidad magnética, permitió caracterizar geológica y geoquímicamente la fuente Molulco 2 (Navarro, 2012) e incorporar dos fuentes inéditas: Molulco 3, afloramiento primario *in situ*, y Molulco 4, bloque secundario de variedad policroma. La combinación analítica permitió discriminar de manera concluyente un mínimo de cinco variantes composicionales del tipo NS, ampliando la diversidad previamente documentada por Stern *et al*. (2008).

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

Desde el punto de vista metodológico, la estrategia multi-instrumental demostró ser eficaz para discriminar capas volcánicas de composición genética similar y para resolver problemas de asignación entre fuentes y bloques. Esto permitió reconocer dos flujos diferenciables en Molulco 3, vincular los bloques de Molulco 2 a un mismo cuerpo lávico redepositado y atribuir la coloración polícroma de Molulco 4 a procesos de oxidación de magnetita a hematita. No obstante, se trata de una caracterización inicial; cubrir el espectro composicional completo del volcanismo del Sollipulli requerirá un mayor número de mediciones, y los procesos tafonómicos que afectan a estos conjuntos aún deben ser evaluados.

Por otro lado, el registro de una variante polícroma, de distribución restringida en el ámbito NS obliga a revisar la asignación regional exclusiva de las obsidianas policromas o "atigradas" a la fuente Portada Covunco (PC). Este hallazgo abre la posibilidad de que NS haya participado en circuitos de movilidad e interacción más amplios en momentos tardíos, en el mismo sentido que lo propuesto para PC (Peñaloza *et al*. 2019).

Finalmente, los datos geológicos sugieren que los bloques de Molulco 2 y 4 fueron redepositados por acción glaciar desde afloramientos ubicados valle arriba sobre unidades holocénicas, lo que sugiere que el espacio habría estado disponible desde el Holoceno tardío. La evaluación de la disponibilidad de estas fuentes a lo largo del tiempo, así como la comprensión de la relación entre las obsidianas NS y las de PC identificadas en sitios de precordillera, depresión intermedia y costa correspondientes a momentos más tempranos, representan líneas de investigación que este trabajo deja abiertas para futuros estudios.

AGRADECIMIENTOS

Programa de investigación "Uso de espacio y paleoambiente en la Araucanía andina durante el Holoceno: Etapa 1", Dirección de Investigación, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Católica de Temuco. Proyecto ANID-Fondecyt N° 1262383 "Memorias del Paisaje: interacciones humanas y transformaciones paleoambientales en los bosques templados andinos (Araucanía Andina) durante el Holoceno. Laboratorio de Cultura Material del Departamento de Arqueología de la Universidad Católica de Temuco. Laboratorio de Preparación de Muestras Geológicas Análisis Petrográfico, del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de Temuco. Laboratorio de Estudios Cristalográficos del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de Temuco. Programa de Fondo de Equipamiento códigos 2023FEQUIP- RB-03, 2025FEQUIP-CT-08, 2026FEQUIP- IR-08 y 2025FEQUIP-GL-07 (adjudicado a GL), Dirección de Investigación, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo de Materiales del Departamento de Obras Civiles y Geología de la Universidad Católica de Temuco. A los estudiantes de la Carrera de Arqueología por su colaboración en los terrenos, en especial a Nelson Soto, Julio Gutiérrez y Matías González Hirsh.

BIBLIOGRAFÍA

Adán, L., García, C., y Mera, R. (2006). La tradición arqueológica de bosques templados y su estudio en la región lacustre cordillerana de las regiones IX y XIV (Centro-Sur de Chile). En *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena* (Tomo 2, pp. 1461-1471).

Alloway, B. V., Pillans, B. J., Carter, L., Naish, T. R., y Westgate, J. A. (2005). Onshore-offshore correlation of Pleistocene rhyolitic eruptions from New Zealand: Implications for TVZ eruptive history and paleoenvironmental construction. *Quaternary Science Reviews*, *24*(14-15), 1601-1622. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.07.026

Andrefsky, W., Jr. (2005). *Lithics: Macroscopic approaches to analysis* (2.ª ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810244

Bamforth, D. B. (1986). Technological efficiency and tool curation. *American Antiquity*, *51*(1), 38-50. https://doi.org/10.2307/280392

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., y Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, *5*, 180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Binford, L. R. (1979). Organization and formation processes: Looking at curated technologies. *Journal of Anthropological Research*, *35*(3), 255-273. https://doi.org/10.1086/jar.35.3.3629902

Borrazzo, K. (2016). Lithic taphonomy in desert environments: Contributions from Fuego-Patagonia (Southern South America). *Quaternary International*, *422*, 19-28. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.012

Campbell, R., Carrión, H., Figueroa, V., Peñaloza, A., Plaza, M. T., y Stern, C. (2018). Obsidianas, turquesas y metales en el sur de Chile: perspectivas sociales a partir de su presencia y proveniencia en Isla Mocha (1000-1700 d.C.). *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, *50*(2), 217-234. https://doi.org/10.4067/S0717-73562018005000501

Campbell, R., Stern, C., y Peñaloza, A. (2017). Obsidian in archaeological sites on Mocha Island, southern Chile: Implications of its provenience. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *13*, 617-624. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.05.005

Carrera Aizpitarte, M. (2013). Criterios para caracterizar fuentes de materias primas líticas. *Intersecciones en Antropología*, *14*(2), 447-458.

Elston, R. G. (1990). A cost-benefit model of lithic assemblage variability. En R. G. Elston y E. E. Budy (Eds.), *The archaeology of James Creek Shelter* (pp. 153-163). University of Utah Anthropological Papers 115. University of Utah Press.

Ericson, J. E. (1984). Toward the analysis of lithic production systems. En J. E. Ericson y B. A. Purdy (Eds.), *Prehistoric quarries and lithic production* (pp. 1-10). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511753244.002

Escola, P.S. (2002). Disponibilidad de recursos líticos y fuentes de aprovisionamiento en un sector de la Puna Meridional. *Mundo de Antes*, *3*, 65-86.

Glascock, M.D., y Ferguson, J. R. (2012). *Report on the analysis of obsidian source samples by multiple analytical methods* [Informe inédito]. Archaeometry Laboratory, University of Missouri Research Reactor.

Gould, R. A. (1978). The anthropology of human residues. *American Anthropologist*, *80*(4), 815-835. https://doi.org/10.1525/aa.1978.80.4.02a00030

Inzunza Bustos, J. (2019). *Meteorología descriptiva*. Editorial Universitaria.

Kodama, K. (2023). Analysis of inhomogeneous magnetization using a spinner magnetometer. *Frontiers in Earth Science*, *11*, 1212367. https://doi.org/10.3389/feart.2023.1212367

Kuhn, S. L. (1995). *Mousterian lithic technology: An ecological perspective*. Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400864034

Lachowycz, S. M., Pyle, D. M., Gilbert, J. S., Mather, T. A., Mee, K., Naranjo, J. A., y Hobbs, L. K. (2015). Glaciovolcanism at Volcán Sollipulli, southern Chile: Lithofacies analysis and interpretation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, *303*, 59-78. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.06.021

Lemus, M., y Honores, C. (2019). *Favorabilidad geotérmica de la cordillera Principal de la región de La Araucanía* (Informe Registrado IR-19-75, 178 pp., 2 mapas escala 1:250.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Lucero Ferreyra, G., Sacchi, M., Maldonado, M. G., Mera, R., y Barberena, R. (2024). Variabilidad ambiental y distribución espacial arqueológica en la Araucanía andina, Chile: una aproximación geográfica. *Revista del Museo de Antropología*, *17*(2), 47-64. https://doi.org/10.31048/1852.4826.v17.n2.44098

Luebert, F., y Pliscoff, P. (2017). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile* (2.ª ed.). Editorial Universitaria.

McAnany, P. A. (1988). The effects of lithic procurement strategies on tool curation and recycling. *Lithic Technology*, *17*(1), 3-11. https://doi.org/10.1080/01977261.1988.11754520

Nami, H. G. (1992). El subsistema tecnológico en la confección de instrumentos líticos y la explotación de recursos del ambiente: una nueva vía de aproximación. *Shincal*, *2*, 33-53.

Naranjo, J. A., Moreno, H., Emparan, C., y Murphy, M. (1993). Volcanismo explosivo reciente en la caldera del volcán Sollipulli, Andes del Sur (39° S). *Revista Geológica de Chile*, *20*(2), 167-191.

Navarro, X. (2012). *Obtención y circulación de materias primas líticas de alta calidad (obsidiana negra) en sitios precerámicos de la cordillera andina y de la costa pacífica, regiones de la Araucanía y de Los Ríos* [Tesis doctoral inédita]. Universidad de Tarapacá.

Neira, P., Linker, S., y Romero, I. (2011). *Memorias del Llaima: historias de las comunidades mapuche de Melipeuco*. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes.

Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo, H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M., y León, R. J. C. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, *28*(1), 40-63. https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399

Peñaloza, A., Campbell, R., y Stern, C. (2019). Las puntas de obsidiana "atigrada" como bien de prestigio en poblaciones del "complejo El Vergel" en Isla Mocha, región del Biobío (1100-1700 d.C.). En J. Gómez

http://doi.org/10.22352/MAGALLANIA20265415

Otero, A. Svoboda y A. Banegas (Eds.), *Arqueología de la Patagonia: el pasado en las arenas* (pp. 53-65). Instituto de Diversidad y Evolución Austral.

Pérez, A. E., Giesso, M., y Glascock, M. D. (2019). Obsidian distribution of the Northern Patagonian forest area and neighboring sectors during the Late Holocene (Neuquén Province, Argentina). *Open Archaeology*, *5*(1), 121-136. https://doi.org/10.1515/opar-2019-0009

Pérez, A. E., Sacchi, M., Lucero, G., y Giesso, M. (2023). Análisis de obsidianas a partir de técnicas no destructivas: registro occidental cordillerano de obsidiana del grupo químico CP-LL1 en contextos alfareros tempranos del área centro sur de Chile. *Latin American Antiquity*, *34*(2), 314-328. https://doi.org/10.1017/laq.2022.23

Pérez, A. E., Santelices Quiroga, T. S., Salazar Siciliano, G. T., y Ricciuto, L. M. (2022). Primeros registros de obsidiana procedente de Nevados de Sollipulli (cordillera de la Araucanía, Chile) en Aluminé (Neuquén, norte de la Patagonia argentina). *Arqueología Iberoamericana*, *49*, 24-31. https://doi.org/10.5281/zenodo.5967573

Sacchi, M., Maldonado, M. G., Barberena, R., y Lucero, G. F. (2025). Estudio preliminar de arqueología distribucional en la región de Melipeuco, Araucanía Andina, Chile. *Arqueología*, *31*(2), 14285. https://doi.org/10.34096/arqueologia.t31.n2.14285

Stern, C. R., Navarro, X., Pino, J., y Vega, R. M. (2008). Nueva fuente de obsidiana en la región de la Araucanía, centro-sur de Chile: química y contexto arqueológico de la obsidiana riolítica negra de los Nevados de Sollipulli. *Magallania*, *36*(2), 185-193. https://doi.org/10.4067/S0718-22442008000200014

Suárez, M., y Emparan, C. (1997). *Hoja Curacautín, regiones de la Araucanía y del Biobío* (Carta Geológica de Chile N.° 71, 105 pp., 1 mapa escala 1:250.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Tapia, C. A., Wilson, G. S., Ishman, S. E., Wilke, H. G., Wartho, J. -A., Winter, D., y Martínez-Pardo, R. (2015). An integrated sequence stratigraphic and chronostratigraphic analysis of the Pliocene, Tiburon Basin succession, Mejillones Peninsula, Chile. *Global and Planetary Change*, *131*, 124-147. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.05.005

Tapia, C. A., Lucero, G. F., Sacchi, M., y Paredes, B. (2026). *Una nueva perspectiva de la obsidiana atigrada de la fuente Sollipulli* [Manuscrito inédito].

Waters, M. R. (1992). *Principles of geoarchaeology: A North American perspective*. University of Arizona Press.