



HAL
open science

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y trazas de fisión. Un enfoque sobre las fuentes de materia prima utilizadas en Ecuador y Colombia entre 9000 AC y 1500 AD

Olivier Dorighel, Gérard Poupeau, Ludovic Bellot-Gurlet

► To cite this version:

Olivier Dorighel, Gérard Poupeau, Ludovic Bellot-Gurlet. Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y trazas de fisión. Un enfoque sobre las fuentes de materia prima utilizadas en Ecuador y Colombia entre 9000 AC y 1500 AD. *Arqueología del Área Intermedia*, 1999, 1, pp.121-144. hal-01832714

HAL Id: hal-01832714

<https://hal.science/hal-01832714>

Submitted on 13 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**CARACTERIZACION DE ARTEFACTOS EN
OBSIDIANA MEDIANTE PIXE Y TRAZAS DE FISION.
UN ENFOQUE SOBRE LAS FUENTES DE MATERIA
PRIMA UTILIZADAS EN ECUADOR Y COLOMBIA
ENTRE 9000 AC Y 1500 AD.**

*Olivier Dorighe*¹
*Ludovic Bellot-Gurlet*²
*Gerard Poupeau*³

1 INTRODUCCIÓN

En el área septentrional andina (ASA, Lumbreras 1981) son numerosos los sitios arqueológicos en los que se han encontrado y se encuentran piezas en obsidiana. Según los sitios y los períodos crono-culturales la proporción de piezas de obsidiana en la industria lítica puede variar de una sola pieza --e.g., La Cocotera, Colombia (Patiño 1988)-- al 90 % del material --e.g., Oyambaro, Ecuador (Portnoy 1992). La obsidiana, normalmente de poco interés para muchos investigadores antiguos que

¹ Grupo de Geofísica Nuclear, Institut Dolomieu, Université Joseph Fourier, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble cedex, France. Université de Paris-I, Sorbonne, Paris, France.

² Grupo de Geofísica Nuclear, Institut Dolomieu, Université Joseph Fourier, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble cedex, France. UPRES-A n° 5025 du CNRS.

³ Grupo de Geofísica Nuclear, Institut Dolomieu, Université Joseph Fourier, 15 rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble cedex, France. UPRES-A n° 5025 du CNRS

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

preferían interesarse por otros materiales o piezas más espectaculares, se impone progresivamente como un marcador de intercambio caracterizable por diferentes técnicas y es objeto hoy día de un interés creciente por parte de los arqueólogos. Los trabajos de Salazar (1980) en Ecuador y Gnecco (e.g. Gnecco *et al.* 1993) en Colombia han resaltado el carácter fundamental del estudio de las fuentes geológicas de obsidiana para la comprensión de los fenómenos de difusión de este material. El estudio y la reconstitución de mecanismos y esquemas de circulación de esta materia prima se convierte en un herramienta básica que contribuirá, con certeza, al avance de los conocimientos arqueológicos, particularmente en el campo de los contactos y las relaciones culturales entre las poblaciones prehispánicas. Este artículo tiene por objetivo mostrar el estado del conocimiento sobre las fuentes identificadas hasta el momento en Colombia y en Ecuador, lo mismo que sobre los grupos de obsidiana identificados en estas regiones por medio de la combinación de análisis de datación por trazas de fisión de uranio (TF) y la caracterización geoquímica por PIXE (Particle Induced X-Ray Emjssion). Serán igualmente abordadas las técnicas empleadas y sus principios.

2. CONTEXTO

La zona geográfica que concierne a este trabajo cubre las dos terceras partes del área septentrional andina, ya que cubre el Ecuador y el sur de Colombia. Los sitios arqueológicos que serán discutidos pertenecen a dos dominios geográficos diferentes: el litoral Pacífico y el interior (más específicamente, la sierra). La muestra está comprendida por 19 sitios costeros y 23 sitios en la Sierra; en esta última podemos destacar dos grupos principales: uno en Ecuador, con diez sitios en la zona intracordillerana entre Quito y la frontera colombiana; y el segundo al sur de Colombia, con once sitios en el alto del valle del Río Cauca (Figura 1). En la costa Pacífica las dos zonas mejor representadas en términos de densidad de sitios son Esmeraldas (Ecuador) y Tumaco (Colombia).

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF



Figura 1. Mapa de localización de los sitios arqueológicos estudiados y de las fuentes de obsidiana mencionadas en el texto. Las cifras en los triángulos corresponden al número de sitios arqueológicos concentrados en perímetro restringido. Los nombres están en la leyenda.

Las fuentes de materia prima, por su parte, están centradas en dos sectores. El primero en la sierra de Guamaní (Ecuador), localizada unos treinta kilómetros al sureste de Quito. En esta región, aproximadamente a 4000 metros de altura, se encuentran las diferentes fuentes de obsidiana descubiertas por Salazar (1980). De estas, el flujo de Mullumica, con sus seis kilómetros de largo, es una de las más importantes de América del Sur. El segundo sector está situado en Colombia y su descubrimiento se debe a las prospecciones realizadas por Cristóbal Gnecco en los alrededores de la ciudad de Popayán. La principal fuente parece ser la del río Hondo, cuyo origen se debe localizar sobre el volcán Puracé, ubicado aproximadamente a 25 kilómetros al sureste de Popayán.

Es interesante anotar que la localización de estas fuentes con respecto a los ejes de penetración no es al azar. Así, la sierra de Guamaní constituye uno de los puntos de fácil penetración en la cadena andina, que permite la circulación entre el oeste ecuatoriano y los llanos orientales de la amazonia. Por su parte, la región de Popayán, en razón a su proximidad con el río Cauca, ofrece un buen acceso; gracias al eje natural que constituye el río, la circulación norte/sur es relativamente fácil.

2.1. CONTEXTO CRONO-CULTURAL

Los sitios arqueológicos de donde provienen las obsidias analizadas están comprendidos en un intervalo temporal bastante largo, que va desde el período Precerámico al de Integración, es decir, un lapso cronológico comprendido entre 11000 y 500 AP. Durante estos diez milenios se pueden distinguir, al parecer, cuatro fases en el empleo y la circulación de la obsidiana (Salazar 1992): (1) en el Precerámico su utilización se limitaba a zonas próximas a los sitios de extracción; (2) durante el Formativo la obsidiana comienza a circular de manera más importante y hace su aparición sobre la costa; (3) el período de mayor uso y difusión pertenece a los Desarrollos Regionales, antes de (4) declinar casi totalmente su

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF

utilización durante la época de la Integración. En nuestras muestras los sitios del precerámico y del Formativo están poco representados (lo que corresponde también a su rareza relativa en el campo), mientras que los períodos mejor documentados son Desarrollos Regionales e Integración.

3. TÉCNICAS

Los estudios sobre las fuentes de las obsidias se remontan a unos treinta años (Cann y Renfrew 1964) y están basados en la idea generalmente admitida de que cada obsidiana emitida por un volcán posee una composición química única. En principio sería posible identificar el origen de todo artefacto hecho con esta materia prima, sea cual sea la distancia de los sitios arqueológicos donde se encuentren, con respecto al conjunto de fuentes geológicas potenciales. Este "sello" geoquímico hace que la obsidiana sea considerada como el material lítico más fácilmente caracterizable y, en consecuencia, muy importante para el estudio de las fuentes (Kempe y Harvey 1983).

Los primeros análisis de obsidiana de sitios arqueológicos en Suramérica fueron los de Burger y Asaro (1979) y Asaro *et al.* (1981a, 1981b). Estos autores, empleando los análisis por fluorescencia-X (XRF) y activación neutrónica instrumental (INAA), mostraron que en Ecuador y en Perú las obsidias se repartían en un número limitado de grupos composicionales discretos. Otra técnica discriminante empleada para el estudio de las fuentes de obsidiana es la datación por TF, que permite datar la edad de formación del vidrio volcánico. Miller y Wagner (1981) aplicaron esta técnica a algunos sitios andinos de Perú y Colombia, caracterizando algunas piezas arqueológicas de la costa Pacífica y de la Sierra. El estudio sistemático de las fuentes de materia prima por TF comenzó con el trabajo de Bigazzi *et al.* (1992) sobre la Sierra de Guamaní. Fueron también Bigazzi y sus colaboradores (1992) quienes

Oliver Dorigel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

iniciaron una aproximación multidisciplinaria datación/geoquímica de obsidianas, empleando TF/INAA. Nuestra metodología analítica se sitúa en esta línea, con una doble caracterización de tipo TF/PIXE (Bellot-Gurlet *et al.* 1996, 1997; Dorigel *et al.* 1996, 1997a; Poupeau *et al.* 1996).

3.1 ANÁLISIS POR PIXE

PIXE es un método de análisis de elementos por rayos de iones. Se basa en la detección de los rayos X emitidos por una muestra en respuesta a una excitación por un rayo de partículas. El espectro de energía de los rayos es específico de cada elemento; por lo tanto, la detección global de todos los rayos que salen de la muestra y su tratamiento permiten realizar un análisis químico. El dispositivo experimental con el que trabajamos es el acelerador de partículas "AGLAE" del Laboratoire de Recherche des Musées de France. AGLAE es un acelerador del tipo Tandem Van de Graaff de 2 MV (Amsel *et al.* 1990). Lo original de este dispositivo es el hecho de que permite trabajar con rayo extraído, es decir, fuera del vacío del acelerador, lo que ofrece una gran facilidad de manejo. El rayo de partículas, constituido por protones de 3 MeV, quita el vacío de la línea atravesando una ventana hecha en una hoja de kapton; después de un corto trayecto en el aire alcanza la muestra. La penetración del rayo en la muestra es de sólo una decena de micrones (Figura 2). Este bombardeo del rayo no es destructivo y no genera ningún daño en la muestra. Dos detectores de Si(Li) son empleados para la detección simultánea de los rayos-X de alta y baja energía (Calligaro *et al.* 1996). La posición de estos detectores con respecto a la muestra está indicada en la Figura 2. Sobre cada obsidiana se realizan tres puntos de análisis, con el objetivo de tener en cuenta la presencia de eventuales heterogeneidades en la muestra (el diámetro del rayo incidente es de aproximadamente 0.5 mm). Por rutina se analizan 15 elementos mayores y trazas: Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Ga, Rb, Sr, Zr y Ba. Los espectros PIXE son analizados con ayuda del programa GUPIX (Maxwell *et al.* 1995) para obtener resultados cuantitativos.

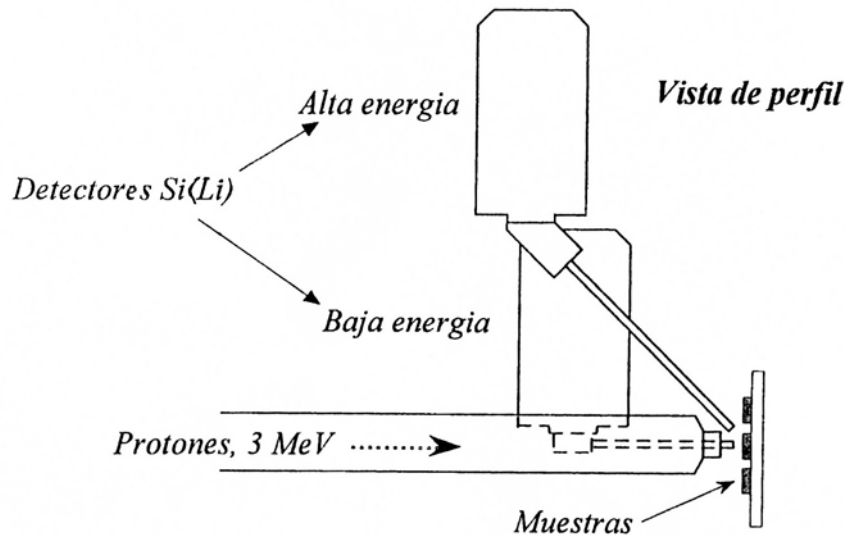


Figura 2. Vista del dispositivo analítico AGLAE (Extracted beam) del Laboratoire de Recherche des Musées de France, Paris, para los análisis en PIXE.

3.2 DATACIÓN POR TRAZAS DE FISIÓN

La datación por TF se basa en la fisión espontánea del uranio 238. La gran energía liberada por cada fisión altera localmente la estructura de la obsidiana. Las "cicatrices" dejadas por la fisión se acumulan y constituyen una especie de memoria que es posible visualizar: atacando una superficie obtenida previamente por pulido se pueden agrandar estas zonas dañadas hasta hacerlas visibles al microscopio óptico bajo la forma de "trazas", figuras elípticas a circulares de un diámetro máximo de aproximadamente 20 micrones (Figura 3). El número de trazas depende, a su vez, del tiempo transcurrido después de la formación de la obsidiana y su tenor en uranio. Este último parámetro se obtiene por la fisión inducida

Oliver Dorigel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

artificialmente en un reactor nuclear de otro isótopo, el uranio 235 (0.7% de los átomos de uranio), cuyas trazas pueden ser reveladas como las precedentes. Si ρ_s y ρ_i son respectivamente las densidades (número/cm²) de trazas de fisión espontáneas e inducidas medidas en una obsidiana, se puede demostrar que para las obsidiana no devitrificadas (es decir, de edad inferior a 108 años), la ecuación de la edad toma una forma de tipo lineal (Poupeau y Scorzelli 1997; Poupeau *et al.* 1995, 1998) :

$$(1) \quad t = A (\rho_s / \rho_i) \Phi$$

donde t es la edad (Ma) de la muestra, A es un término que reagrupa diversas constantes y Φ la dosis de neutrones térmicos (neutrones/cm²) liberados en el reactor por la fisión del 235U.

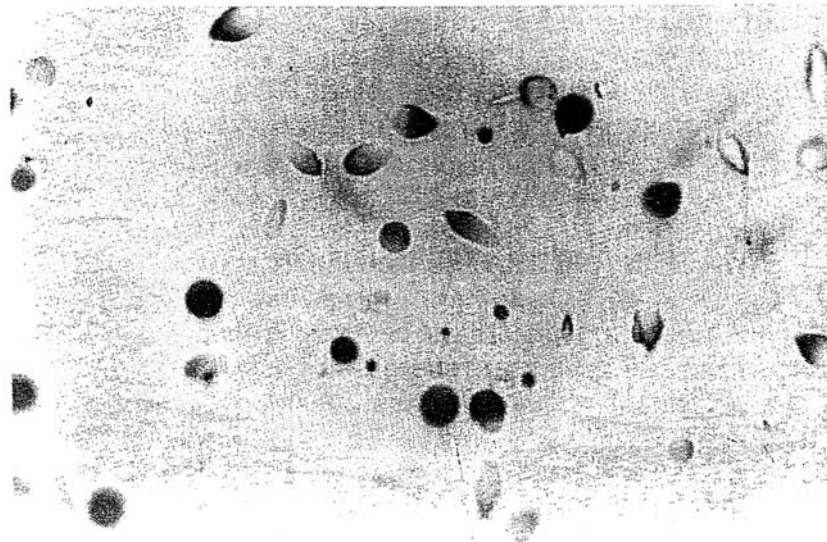


Figura 3. Fotografía representando las trazas de fisión del uranio en una obsidiana, el diámetro medio de las trazas es de más o menos 10 micrones. La variedad de formas del círculo a la elipse es función de la orientación de la traza con respecto a la superficie de observación.

3.3. PROCEDIMIENTO

La Figura 4 describe los procedimientos seguidos en rutina en el laboratorio de Grenoble para la obtención de una edad TF (Dorighel *et al.* 1994). Dos láminas de espesor milimétrico son cortadas con ayuda de una cuchilla diamantada sobre la obsidiana a datar, una destinada a medir las trazas de fisión espontánea y la otra para enviar al reactor nuclear. Después de la irradiación las dos láminas son incluidas en una pastilla de resina para pulirlas. Las trazas son posteriormente reveladas por la inmersión de las láminas en una solución al 20% de ácido fluorídrico a 40°C durante 60 a 200 segundos. Una edad aparente puede ser determinada en este momento, a la vez que se obtiene la distribución del tamaño de las trazas, caracterizadas por un diámetro máximo (Figura 4). A menudo se constata que las trazas de fisión espontánea presentan, en promedio, un tamaño inferior a las de las trazas inducidas en un reactor. Esta disminución del tamaño de las trazas es consecuencia de la reorganización parcial del daño inicial producido por la fisión espontánea en las condiciones térmicas a las que la obsidiana haya sido sometida después de su formación. De este hecho resulta una disminución de la densidad de trazas espontáneas revelables; por lo tanto, la edad calculada por la ecuación (1) no constituye sino un límite inferior de la formación de una obsidiana. Esta edad debe ser "corregida" para que sea significativa. La técnica de corrección más empleada actualmente es el de las edades meseta, propuesto por Storzer y Poupeau (1973), en el cual, por una serie de tratamientos térmicos (Figura 4), se conduce la distribución de los diámetros de las trazas espontáneas e inducidas a un mismo valor. En estas condiciones la edad obtenida por la ecuación (1) es la de la formación de la obsidiana o, más precisamente, su último enfriamiento por debajo de 500°C aproximadamente. Es posible, cuando excepcionalmente la edad por TF de una obsidiana es concordante con la de un sitio arqueológico, que esta edad sea la de un calentamiento de naturaleza antrópica en un fogón.

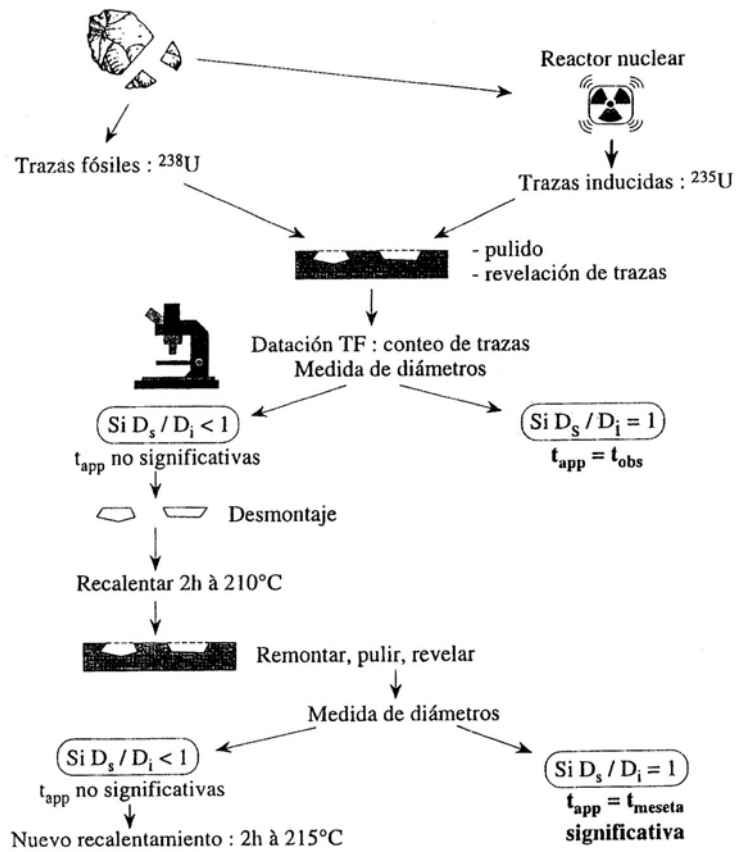


Figura 4. Principio de la datación por edades-meseta, cuando la relación del diámetro medio de las trazas fósiles e inducidas D_s/D_i es inferior a la unidad, se admite que la edad obtenida corresponde a una edad mínima de formación del material. Para obtener la edad real es necesario recalentar la muestra hasta reducir el diámetro medio de las trazas, para que sea idéntico en las dos poblaciones. La edad obtenida en este momento se llama "edad meseta" (Storzer y Poupeau, 1973) y corresponde a la edad real de la obsidiana.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES

Las muestras geológicas analizadas en este trabajo, corresponden al conjunto de fuentes conocidas en la región del sur de Colombia y Ecuador (Figura 1). Todas las fuentes de Colombia están localizadas en la región de Popayán. La principal, río Hondo, es una fuente secundaria con material proveniente del volcán Puracé y está compuesta de varios afloramientos en las quebradas localizadas al pie del volcán. La obsidiana se encuentra en forma de nódulos diseminados en medio de un material detrítico. En la Figura 5 (a y b) se puede observar uno de estos depósitos, el de río Negro. Otras tres fuentes también están situadas en la misma región (Gnecco *et al.* 1993): Cargachiquito, Azafatudo y Sotará. Estas fuentes no han sido objeto de análisis por la mala calidad de las obsidianas, que hace imposible su talla (Gnecco, comunicación personal).

En Ecuador las fuentes reportadas están concentradas en una zona de aproximadamente 600 kilómetros cuadrados en la Cordillera Oriental, en la sierra de Guamaní (provincia de Pichincha), y fueron descritas por Salazar (1980, 1985), Mayer-Oakes (1989), Bigazzi *et al.* (1992), Asaro *et al.* (1994) y Burger *et al.* (1994). Allí se han definido seis fuentes potenciales de obsidiana: Callejones, El Tablón, Mullumica, Potrerillos, Quiscatola-Yanaurcu y Yurac Paccha. La fuente más importante en volumen (aproximadamente 2 kilómetros cúbicos) es Mullumica, flujo de lava riolítica que tiene la particularidad de poseer una composición química heterogénea (Bigazzi *et al.* 1992; Asaro *et al.* 1994) resultado posible de una mezcla binaria. Esta particularidad que se observa en los análisis ha sido interpretado (Asaro *et al.* 1994) como el resultado de una mezcla incompleta de dos magmas de composición diferentes antes de la extrusión del flujo. A aproximadamente 2.5 kilómetros al este de Mullumica se encuentra una segunda colada, menos importante, la de Callejones, cerca a la cual se encuentra un conjunto de bloques de obsidiana en el sitio de Yurac Paccha. La fuente de Quiscatola-Yanaurco, al sur de Mullumica, se compone de dos afloramientos vecinos: Loma Quiscatola y Cerro

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

Yanaurco y un depósito secundario asociado, Rodeo Corrales. Se trata, en efecto, de un antiguo complejo volcánico erodado. La obsidiana de esta fuente es de una calidad excepcional para la talla y presenta en algunos lugares un aspecto ahumado más o menos característico. La fuente de Potrerillos definida por Bigazzi *et al.* (1992) parece corresponder a la de Yuyos descrita por Burger *et al.* 1994; se trata de un pequeño edificio volcánico al sur de Mullumica. Dado su carácter no apto para la talla, nuestros análisis de la obsidiana de este flujo no se presentan acá. Por último, la colada de El Tablón, al sur-oeste de Mullumica, ha sufrido una fuerte erosión glacial que la ha destruido en su mayor parte. Su obsidiana está muy hidratada y las numerosas inclusiones de perlitas que contiene la hacen un material difícilmente explotable en términos de la obtención de herramientas.

Hasta ahora, dada la falta de prospecciones sobre los edificios riolíticos susceptibles de contener las fuentes naturales, no existen otras fuentes reportadas en la región geográfica cubierta por este trabajo.



Figura 5a.



Figura 5b.

Figuras 5a y 5b. Fotografías del depósito secundario de obsidiana de río Negro, en cercanías de la ciudad de Popayán, Colombia. Se puede ver en la segunda fotografía que los nódulos están incluidos en una matriz.

5. RESULTADOS

Nuestras actividades se han efectuado en dos etapas. En un primer momento analizamos obsidianas provenientes de las fuentes de materia prima disponibles con el objetivo de determinar las características composicionales de las fuentes naturales. Después efectuamos el estudio de piezas arqueológicas, con el objetivo de determinar en qué medida era posible atribuir estas piezas a fuentes conocidas y bien localizadas. La Figura 6 presenta los resultados de los análisis PIXE para 22 muestras geológicas analizadas bajo la forma de diagramas binarios manganeso/estroncio, que permiten visualizar cada uno de los grupos; en esa figura también se reporta la edad

TF de estas fuentes. Estas medidas fueron efectuadas en nuestro laboratorio para río Hondo (Dorighel *et al.* 1997b) y Mullumica y por el grupo de Pisa (Bigazzi *et al.* 1992) para todas las fuentes ecuatorianas. Una sola muestra del flujo de Mullumica fue datada en ambos laboratorios con resultados concordantes: 0.17 ± 0.02 Ma (Grenoble) y 0.18 ± 0.02 Ma (Pisa). Como se puede observar, las seis fuentes representadas en este diagrama ocupan dominios composicionales discretos. Sola una, el flujo de Mullumica, presenta un dominio relativamente amplio. Así, se confirma bien el fenómeno ya señalado por Bigazzi *et al.* (1992) y Asaro *et al.* (1994). Desde el punto de vista geocronológico parece que estas obsidias tienen edades comprendidas entre 0.17-0.18 Ma y 3.7 Ma; además, son distinguibles las unas de las otras por la edad de formación (la precisión de las dataciones es del orden de $\pm 3\%$ a $\pm 10\%$ a ± 1 sigma), excepto la de Callejones y de Mullumica.

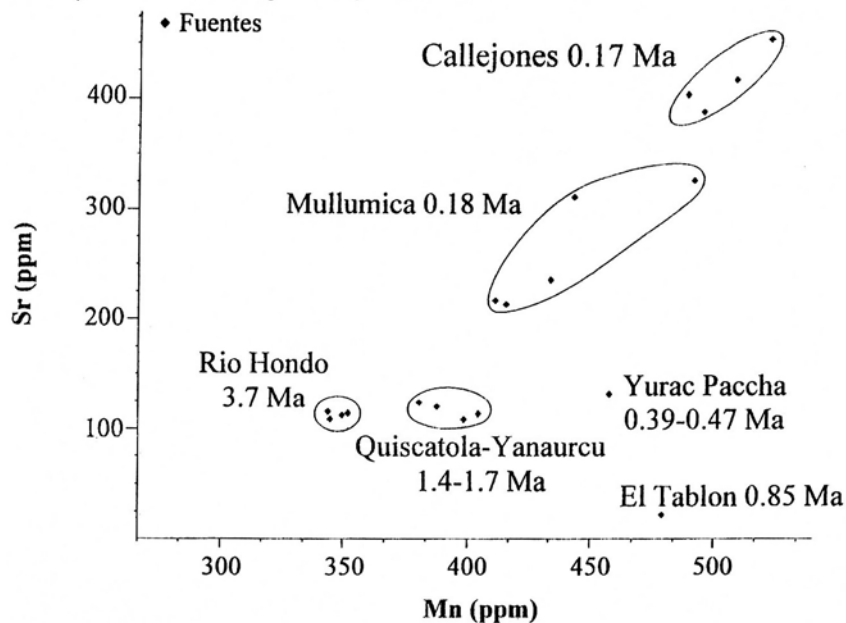


Figura 6. Diagrama binario comparando las edades y los tenores en Mn y Sr para las fuentes conocidas de Colombia y Ecuador. Se resalta que a pesar de lo extenso del dominio composicional de Mullumica (ver texto) los grupos composicionales son diferentes. En contra, las edades TF no permiten distinguir, dos de estas fuentes, la de Mullumica y Callejones (fuente de los datos: ver texto).

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF

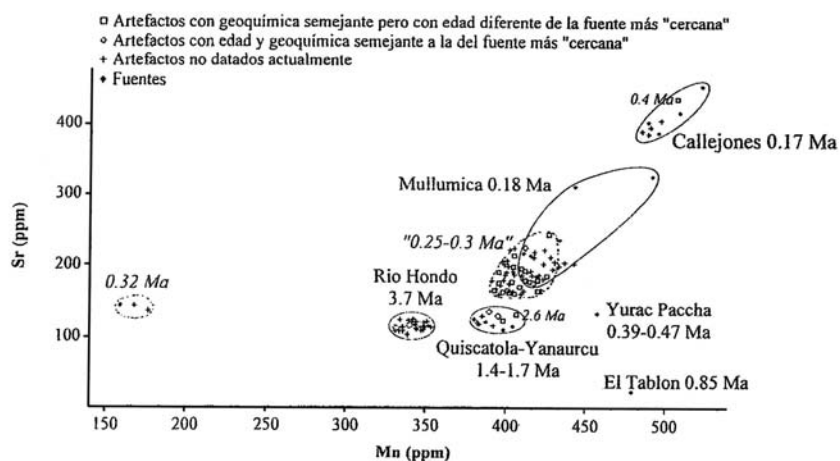


Figura 7. Diagrama binario Mn/Sr con la totalidad de las muestras analizadas por PIXE. Los dominios delimitados por línea continua encierran las muestras de fuentes y artefactos de edades idénticas. Estos dominios pueden también contener artefactos de edades diferentes a las de las fuentes (dominios de Callejones, Mullumica, Quiscatola-Yanaurcu), como consecuencia del origen diferente. Los dominios encerrados por línea discontinua solo encierran artefactos de composición y edad idénticas, y diferentes a los de las fuentes actualmente conocidas.

Sobre el diagrama binario de la Figura 7 se superponen los resultados anteriores a los obtenidos sobre 130 artefactos estudiados hasta la fecha por PIXE (Dorighel *et al.* 1996). También se reportan las informaciones suministradas por las 27 dataciones TF de que disponemos por el momento (Dorighel *et al.* 1994, 1997b) para el conjunto de nuestra colección de piezas arqueológicas. La comparación con la figura anterior muestra que la mayoría de los artefactos se encuentran composicionalmente cerca de ciertas fuentes. Solo tres provienen de sitios de la región de Tumaco, caracterizados por un tenor muy bajo en

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

manganeso y definen un grupo composicional muy alejado de los otros. Al tener en cuenta las dataciones TF de los artefactos aparece claramente que ciertos conjuntos composicional (Callejones, Quiscatola-Yanaurcu) contienen artefactos con edades a veces diferentes de las fuentes a las cuales están asociados y, por lo tanto, deben provenir de otras fuentes. Por último, un grupo de artefactos comprendidos entre 0.25 y 0.30 Ma es composicionalmente distinto del grupo de Mullumica; el contorno de este último en la Figura 7 queda ahora definido como la línea que une los puntos representativos de la composición del flujo y de los artefactos de igual edad y composición (0.17-0.18 Ma) que este.

Sitios arqueológicos	FUENTES						
	Desconocidas				Ecuador		Colombia
	0.25-0.30 Ma	0.6 Ma	2.6 Ma	0.32 Ma	Mullu-mica	Quiscatola-Yanaurcu	Río Hondo
COLOMBIA							
La Cocotera	1						
Inguapi	1		2				
La Miranda	1				1		
La Remigia				1			
La Elvira							1
San Isidro							2
El Pital							1
ECUADOR							
Atancantes					1		
La Cantera	1						
La Propicia	1						
La Tolita	6	1				1	
Walberto	2						
La Florida						1	
Maria Olivia	1						
Tababuella	1						
Total	15	1	2	1	2	2	4

Tabla 1. Tabla sintética, representando las 7 fuentes de materia prima identificadas en la zona de estudio. Las fuentes designadas por edades TF en Ma son todas desconocidas y únicamente representadas por piezas arqueológicas. Se nota la preponderancia fuerte de la fuente desconocida designada como 0.25-0.30 Ma.

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF

El examen detallado de la Figura 7 resalta diez grupos edad-composición de obsidianas: tres de ellos están actualmente conformados únicamente por muestras geológicas: El Tablón, Yurac Pacha y Callejones. Otros tres grupos incluyen tanto artefactos como fuentes; por lo tanto, se puede suponer que los artefactos de cada uno de estos grupos provienen de las fuentes con las que están asociados (Tabla 1). Las tres fuentes en las cuales se encuentra obsidianas en los sitios arqueológicos son las río Hondo en Colombia y Quiscatola-Yanaurco y Mullumica en Ecuador. Los cuatro últimos grupos edad-composición están exclusivamente compuestos de piezas arqueológicas y no corresponden a ninguna fuente geológica conocida. Por lo tanto, postulamos la existencia de otras fuentes de obsidianas conocidas y explotadas por las poblaciones prehispánicas, algunas de las cuales fueron muy utilizadas, si tenemos en cuenta el gran número de sitios arqueológicos donde se han encontrado (Poupeau *et al.* 1996; Bellot-Gurlet *et al.* 1997; Doriguel *et al.* 1997b). Las obsidianas que provienen de fuentes desconocidas se encuentran en diez de los sitios arqueológicos que se muestrearon: una fuente de aproximadamente 0.32 Ma se encuentra solamente en la región de Tumaco (Colombia), en los sitios costeros de La Miranda, La Esperanza y La Remigia. Una segunda, de composición PIXE semejante a la fuente de Callejones (0.17-0.18 Ma) pero con edad más antigua, cerca de 0,42 Ma, sólo aparece en un artefacto del sitio ecuatoriano de La Tolita. Igualmente, dos artefactos del sitio costero colombiano Inguapi, con una composición cercana a la de la fuente de 1.4-1.7 Ma de Quiscatola-Yanaurco, tienen una edad notablemente más alta, 2.6 Ma.

La fuente desconocida más frecuentemente encontrada en los artefactos de los sitios estudiados es la que caracterizamos por una edad comprendida entre 0.25 y 0.3 Ma y una composición química PIXE cercana a la de la fuente más reciente de Mullumica (Figura 7). En efecto, esta obsidiana se encuentra en nueve sitios arqueológicos costeros y dos de la Sierra (Tabla 1 y Figura 8). La zona costera en la que se encuentran estos artefactos, en el estado actual del conocimiento, parece coincidir bastante

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

bien con la zona de influencia reconocida generalmente para los grupos de la cultura La Tolita-Tumaco. Por lo tanto, parece que estamos en presencia de una zona de difusión de materia prima hasta el momento bien delimitada en el tiempo (principalmente Desarrollos Regionales) y en el espacio.



Figura 8. Mapa de ubicación de los sitios arqueológicos y de las fuentes mencionadas. Las zonas grises corresponden al estado actual de las áreas de difusión de materia prima basándose en los resultados obtenidos por PIXE y TF. Las flechas indican los sitios arqueológicos en los cuales tenemos artefactos identificados como provenientes de fuentes de obsidiana conocidas (Mullumica, Quiscatola-Yanaurcu y río Hondo).

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF

A pesar de que el número de artefactos caracterizados por TF/PIXE es todavía relativamente limitado, algunos puntos merecen ser resaltados. En primer lugar, la existencia de una fuente de edad TF 0.25-0.3 Ma ampliamente utilizada en las culturas costera, sobre todo durante el período de los Desarrollos Regionales, desde la provincia de Esmeraldas (Ecuador) hasta la Cocotera (Colombia). La zona de difusión de esta fuente todavía está en estudio, pero nuestro muestreo se extiende hacia el sur y el sureste de la provincia de Esmeraldas, así como hacia la sierra norte ecuatoriana. En segundo lugar, los resultados actuales establecen la existencia de intercambios de obsidiana entre la costa y la sierra; por una parte, tres artefactos de sitios costeros provendrían, posiblemente, de la sierra de Guamaní (Tabla 1 y Figura 8) y, por otra parte, dos artefactos que pertenecen a un grupo edad composición de 0.25-0.3 ampliamente encontrado en la costa están presentes en Tababuela y María Olivia, dos sitios del interior. Además, podemos constatar la homogeneidad geoquímica de los 27 artefactos recolectados en los 12 sitios arqueológicos del Valle del Cauca. Esta homogeneidad podría asociarse a una sola fuente. Las cuatro muestras del valle del Cauca ya datadas de los sitios La Elvira, San Isidro y El Pital tienen edades TF compatibles con las de río Hondo; las otras muestras están en proceso de análisis.

6. CONCLUSIÓN

La combinación datación/geoquímica según su declinación TF/PIXE para la caracterización de artefactos de obsidiana permite obtener una discriminación más fina de las fuentes potenciales en las investigaciones de proveniencia de esta materia prima. Establecer unos mapas mostrando la distribución geográfica de los artefactos de una misma fuente constituirá una etapa importante para toda tentativa de reconstrucción de las rutas de obsidiana y los sistemas de intercambio de este material. Este trabajo tendrá que ser

Oliver Doriguel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

llevado a cabo en paralelo con prospecciones de campo para un mejor conocimiento de las fuente potenciales de obsidiana.

RECONOCIMIENTOS

La totalidad de las piezas arqueológicas reportadas en este trabajo fueron analizadas con el permiso de las autoridades arqueológicas competentes de cada país, el Instituto Colombiano de Antropología y el Instituto Nacional del Patrimonio Cultural en Ecuador; agradecemos a los organismos responsables, ya que sin ellos este trabajo no hubiera sido posible. Igualmente, expresamos nuestra gratitud a nuestros colegas arqueólogos e investigadores que han contribuido a la buena realización de este trabajo: Monica Bolaños (Instituto del Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador), Jean-Francois Bouchard (UPR 312 del CNRS, París, Francia), José Echeverría (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador), Nicolás Guillaume-Gentil (Séminaire de Préhistoire, Université de Neuchatel, Suiza), Mercedes Guinea (Universidad Complutense, Madrid, España), Cristóbal Gnecco, Miguel Méndez y Diógenes Patiño (Universidad del Cauca, Popayán, Colombia), Martha Lahitte (Popayán), Héctor Salgado (Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia), Karen Stothert (Yale University, New Haven, Estados Unidos), Marcello Villalba y Alexandra Yopez (Museo del Banco Central, Quito, Ecuador). Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro colega Giulio Bigazzi del Instituto de Geocronología de Pisa, Italia; al equipo "AGLAE" (J.C. Dran, T. Calligro y J. Salomon) del Laboratoire de Recherche des Musées de France, París; al Instituto Francés de Estudios Andinos, y particularmente, a su Director Georges Pratlong; a Victor Latorre y Multiciencias (Lima, Perú). Una parte de los análisis presentados en este trabajo fueron realizados gracias al financiamiento del GDR 1033 del CNRS "Métodos nucleares en arqueología".

REFERENCIAS

- AMSEL, G.; MENU, M.; MOULIN, J.; y SALOMON, J.
1990 The 2 MV Tandem Pelletron Accelerator of the Louvre Museum. *Nuclear Instrument and Methods in Physics Research Bulletin* 45:296-301.
- ASARO, F.; MICHEL, H.; y BURGER, R.L.
1981a Major Sources Of Ecuadorian Archaeological Obsidian and Provenience Assignment of Artifacts. Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-13246. Manuscrito sin publicar.
1981b Chemical Source in Ecuadorian Obsidian. Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-13247. Manuscrito sin publicar.
- ASARO, F., SALAZAR, E.; MICHEL, H.V.; BURGER, R.L. y STROSS, F.H.
1994 Ecuadorian Obsidian Sources Used for Artifact Production and Method for Provenience Assignments. *Latin American Antiquity* 5:257-277.
- BIGAZZI, G.; COLTELLI, M.; HADLER, N.J.; OSORIO, A.M.; ODDONE, M.; y SALAZAR, E.
1992 Obsidian Bearing Lava Flows and Pre-Columbian Artifacts from the Ecuadorian Andes: First New Multidisciplinary Data. *Journal of South American Earth Sciences* 6:21-32.
- BELLOT-GURLET, L.; CALLIGARO, T.; DORIGHEL, O.; DRAN, J.C.; POUPEAU, G.; y SALOMON, J.
1996 On the Coupling of PIXE and Fission Track Dating for Obsidian Provenience Studies. *International Association of Obsidian Studies Bulletin* 16:3-7.
- BELLOT-GURLET, L.; POUPEAU, G.; DORIGHEL, O.; CALLIGARO, T.; y SALOMON, J.
1997 Coupling of Fission-Track dating and PIXE for Provenience Study of Archaeological Artefacts in Colombia and Ecuador. Remitido a *Journal of Archaeological Science*.
- BURGER, R.L. y ASARO, F.
1979 Análisis de rasgos significativos en la obsidiana de los Andes Centrales. *Revista del Museo Nacional* 43:281-325.

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

- BURGER, R.L.; ASARO, F.; MICHEL, H.; STROSS, F.H.; y SALAZAR, E.
1994 An Initial Consideration of Obsidian Procurement and Exchange in Prehispanic Ecuador. *Latin American Antiquity* 5:228-255.
- CANN, J.R. y RENFREW, C.
1964 The Characterization of Obsidian and its Application to the Mediterranean Region. *Proceedings of the Prehistoric Society* 30:111-133.
- CALLIGARO, T.; J.D. MACARTHUR y J. SALOMON
1996 An Improved Experimental Setup for the Simultaneous PIXE Analysis of Heavy and Light Elements with a 3 MeV Proton External Beam. *Nuclear Instrument and Methods in Physics Research Bulletin* 109/110:125-128.
- DORIGHEL, O.; POUPEAU, G.; BOUCHARD, J.F.; y LABRIN, E.
1994 Datation par traces de fission et étude de provenance d'artefacts en obsidienne des sites archéologiques de La Tolita (Equateur) et Inguapi (Colombie). *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 91:133-144.
- DORIGHEL, O.; BELLOT-GURLET, L.; POUPEAU, G.; BOUCHARD, J.F.; y WIDEMANN, F.
1996 Premiers résultats sur la provenance des artefacts en obsidienne de quelques sites archéologiques côtiers de Colombie et d'Equateur. *Revue d'Archéométrie* Supplément, 59-64.
- DORIGHEL, O.; BELLOT-GURLET, L.; POUPEAU, G.; BOUCHARD, J.F.; CALLIGARO, T.; DRAN, J.C.; y SALOMON, J.
1997a L'obsidienne des sites archéologiques côtiers préhispaniques de la région nord Equateur-Sud Colombie : caractérisation par PIXE, traces de fission et provenance. En: *Proceedings of the XIIIth UISPP Congress* vol. 1, pp 157-161.
- DORIGHEL, O.; POUPEAU, G.; BELLOT-GURLET, L.; y LABRIN, E.
1997b Fission Track Dating and Provenience of Prehistoric Archaeological Obsidian Artefacts in Colombia and Ecuador. En: *Advances in Fission Track Dating*, editado por P. Van den Haute y F. De Corte, pp 313-324. Kluwer, Dordrecht.
- GNECCO, C.; GLASCOCK, M.D.; y NEEF, H.
1993 Chemical Composition Analyses of Obsidian from La Elvira, SW Colombia. Manuscrito sin publicar, Missouri University

Caracterización de artefactos en obsidiana mediante PIXE y TF

Research Reactor, Columbia.

KEMPE, D.R. y HARVEY, A.P. (Editores)

1983 *The Petrology of Archaeological Artefacts*. Clarendon Press, Oxford.

LUMBRERAS, L.G.

1981 *Arqueología de la América Andina*. Milla Batres, Lima.

MAYER-OAKES, W.J.

1989 Obsidian studies in Ecuadorian archaeology. En: *In the Light of Past Experience: Papers in Honor of Jack T. Hughes*, editado por B.C. Roper. pp 337-358. Panhandle Archaeological Society Publication 5, Lincoln.

MAXWELL, J.A.; TEESDALE, W.J.; y CAMPBELL, J.L.

1995 The Guelph PIXE software package II. *Nuclear Instrument and Methods in Physics Research Bulletin* 95:407-421.

MILLER, D.S. y WAGNER, G.

1981 Fission-Track Ages Applied to Obsidian Artifacts from South America using the Plateau-Annealing and the Track-Size Age-Correction Technique. *Nuclear Tracks* 5:147-155.

PATIÑO, D.

1988 *Asentamientos Prehispánicos en la Costa Pacífica Caucana*. FIAN, Bogotá.

PORTNOY, A.W.

1992 Initial Laboratory Analyses of Oyambaro Site Collection. Tesis de maestría, Departamento de Antropología, Texas Tech University, Lubbock.

POUPEAU, G. y SCORZELLI, R.B.

1997 Espectroscopia Mössbauer e datação por traços de fissão em estudos de proveniência de arqueomateriais: artefactos de obsidianas. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, suplemento 2, 191-215.

POUPEAU, G.; DORIGHEL, O.; BELLOT-GURLET, L.; y TORO, G.

1995 La datación por huellas de fisión de vidrios naturales y artificiales. Aplicaciones en arqueología. *Revista Ingeominas* 5:37-57.

Oliver Dorighel, Ludovic Bellot-Gurlet y Gerard Poupeau

- POUPEAU, G.; BELLOT-GURLET, L.; DORIGHEL, O.; CALLIGARO, T.; DRAN, J.C.; y SALOMON, J.
1996 PIXE et traces de fission: une approche des reseaux d'échanges de l'obsidienne dans l'aire andine préhispanique(Colombie, Equateur). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 323:443-450.
- POUPEAU, G.; BIGAZZI, G.; BELLOT-GURLET, L.; y DORIGHEL, O.
1998 Fission-Track Dating of Obsidians and Archaeology. En: *L'obsidienne au Proche et Moyen Orient. Du Volcan à L'outil*, editado por M.C. Cauvin, A. Gourgaud, B. Gratuze, N. Arnaud, G. Poupeau, J.L. Poidevin y C. Chataigner, pp 53-67. BAR International Series 738, Oxford.
- SALAZAR, E.
1980 *Talleres prehistóricos en los altos Andes del Ecuador*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- 1985 Investigaciones arqueológicas en Mullumica (provincia del Pichincha). *Miscelánea Antropológica Ecuatoriana* 5:130-168.
- 1992 El intercambio de obsidiana en el Ecuador precolombino: perspectivas teórico-metodológicas. En: *Arqueología en América Latina hoy*, editado por G. Politis, pp 116-131. Banco Popular, Bogotá.
- STORZER, D. y G. POUPEAU
1973 Ages plateaux de minéraux et verres par la méthode des traces de fissions. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 276:137-139.

**ARQUEOLOGÍA
DEL ÁREA INTERMEDIA**
No.1, 1999



SOCIEDAD COLOMBIANA DE ARQUEOLOGÍA