

RESEARCH ARTICLE

**ESTUDIO DEL ORIGEN DE ALGUNAS PIEZAS
ARQUEOLÓGICAS ELABORADAS CON OBSIDIANAS
PREHISPÁNICAS DE COLOMBIA USANDO
FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

*X-Ray Fluorescence Study on the Origin of Some Archaeological
Artifacts Made with Pre-Hispanic Obsidian from Colombia*

Giovanny Sierra-Vargas,^{1,2} Luis Montes,³ Ovidio Almanza¹

¹ Departamento de Física, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia; ² Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia; ³ Departamento de Geociencias, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia
(✉ oaalmanzam@unal.edu.co)

RESUMEN. *Mediante fluorescencia de rayos X (FRX), se analizaron piezas arqueológicas hechas de obsidiana y muestras geológicas de obsidiana con el fin de discernir su ignoto origen. La obsidiana se produce en volcanes durante la expulsión y rápido enfriamiento de lava félsica con mínimo crecimiento de cristales. Los sitios de muestreo arqueológico están en el área de influencia de la cultura San Agustín, específicamente en el sitio conocido como Mesitas, ubicado dentro del Parque Arqueológico de San Agustín, en el Departamento del Huila (Colombia). Las piezas arqueológicas pertenecen a los periodos Formativo Temprano, Formativo Medio, Formativo Tardío, Clásico Regional y Reciente de dicha cultura. Los sitios de afloramiento y recolección de las muestras geológicas de obsidiana corresponden a cinco zonas próximas al parque arqueológico colombiano y otra al vecino país de Ecuador. Los resultados de esta investigación indican que la población aborigen del parque arqueológico no utilizó obsidiana extraída de las zonas geológicas cercanas. En consecuencia, las obsidianas procederían de áreas lejanas al parque, como resultado de intercambios mercantiles con grupos sociales distantes que tendrían mayor acceso a afloramientos de estas rocas volcánicas. Los resultados muestran la validez y fiabilidad del uso de la FRX como metodología para apoyar investigaciones de carácter arqueológico.*

PALABRAS CLAVE. *Parque arqueológico; San Agustín; Colombia; origen; obsidianas; FRX.*

ABSTRACT. *By means of X-ray fluorescence (XRF), archaeological artifacts made of obsidian and obsidian geological samples were analyzed in order to determine their unknown origin. Obsidian is produced in volcanoes during the expulsion and rapid cooling of felsic lava with minimal crystal growth. The archaeological sampling sites are in the influence area of the San Agustin culture, specifically in the site known as Mesitas, located within the San Agustin Archaeological Park, in the Department of Huila, Colombia. The archaeological artifacts belong to the Early Formative, Middle Formative, Late Formative, Regional Classic and Recent periods of this culture. The outcrop and collection sites of the obsidian geological samples are located in five areas near the Colombian archaeological park and another one in the neighboring country of Ecuador. The results of this research indicate that the aboriginal population of the archaeological park did not use obsidian extracted from nearby geological zones. Consequently, the obsidian would have come from areas far from the park, as a result of trade exchanges with distant social groups that would have greater access to outcrops of these volcanic rocks. The results show the validity and reliability of the XRF as a methodology to support archaeological research.*

KEYWORDS. *San Agustin; archaeological park; Colombia; origin; obsidian; XRF.*

Recibido: 7-2-2023. Modificado: 10-3-2023. Aceptado: 17-3-2023. Publicado: 25-3-2023.

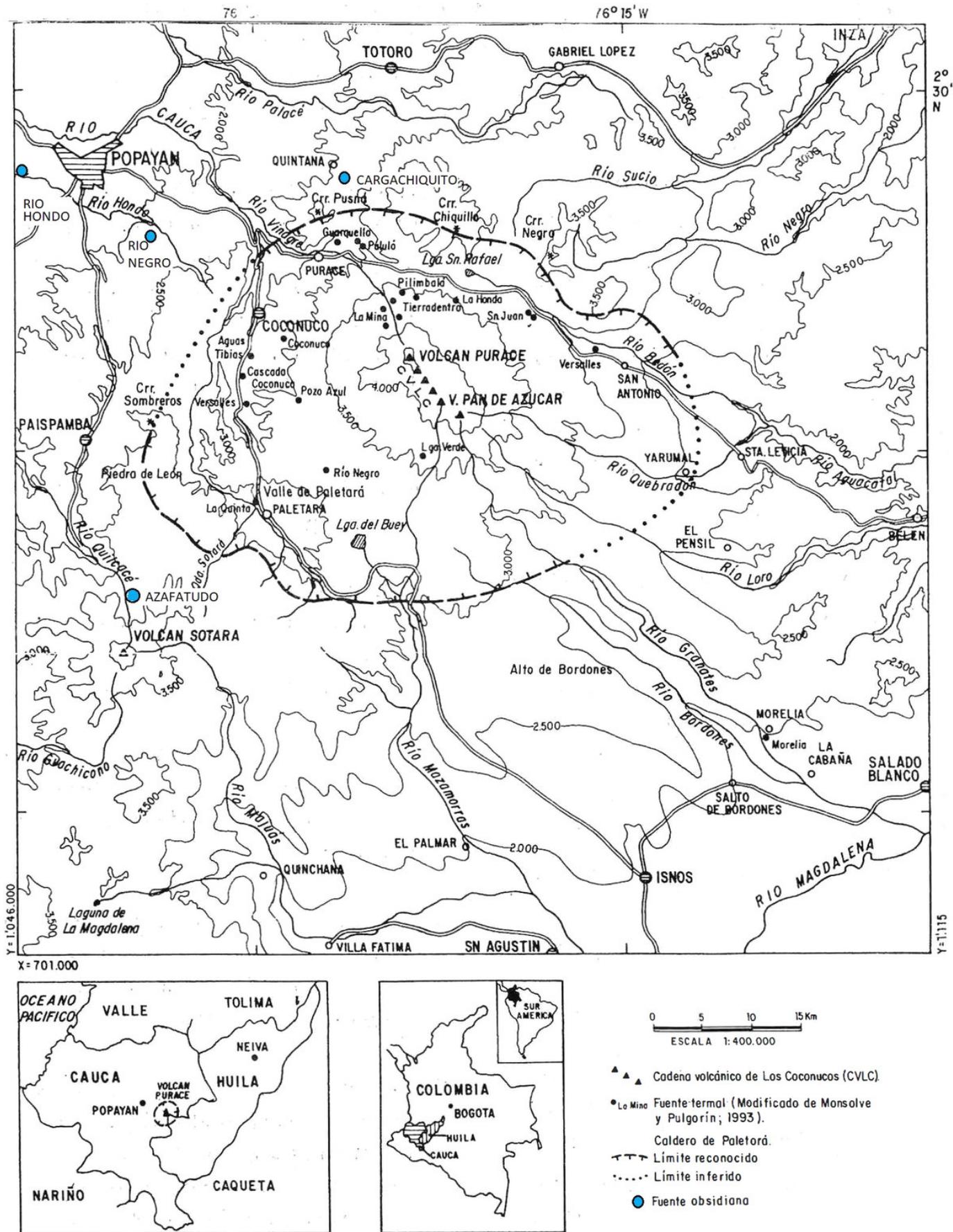


Figura 1. Localización del Parque Arqueológico de San Agustín, Colombia. Situación de la caldera Paletará, zona de varios volcanes considerados como posibles fuentes geológicas de obsidiana para la elaboración de las muestras arqueológicas encontradas dentro del parque (mapa esquemático). Tomado de Torres *et al.* (1999).

1. INTRODUCCIÓN

Las civilizaciones amerindias más antiguas con tradición alfarera duraron unos tres milenios y, en Colombia, sus descendientes se establecieron en las costas del Caribe colombiano y del océano Pacífico ecuatorial (Llanos 1988).

Posteriormente, varias culturas regionales, cuyas comunidades poseían una técnica para producir cerámica especializada con estilo regional propio, llegaron al sur de la cuenca del valle superior del Magdalena en Colombia (VSM), alrededor del primer milenio AC, y se asentaron en los valles de la Cordillera Occidental (Departamento del Valle del Cauca) y en el sur del Departamento del Huila. Algunas de las culturas regionales habitaron los valles de la cuenca del VSM, territorio correspondiente en la actualidad a los municipios de San Agustín y San José de Ísnos, ubicados en las estribaciones del macizo colombiano, a una altitud media de 1730 m s. n. m. (figura 1).

Allí se encuentra el Parque Arqueológico de San Agustín, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en diciembre de 1995; reconocido como testimonio único de una civilización perdida y un importante sitio arqueológico.

El Parque Arqueológico de San Agustín es bien conocido por su arte megalítico, con más de 400 monolitos (figura 2) que esconden los secretos de una enigmática sociedad que desapareció hace más de 300 años, dejando la majestuosidad de sus complejos funerarios y varios interrogantes que aún siguen sin respuesta (Urbano 2010).

En 1914, el alemán K. T. Preuss (Preuss 1914) descubrió el Parque Arqueológico de San Agustín en el sitio de Mesitas. Otros investigadores reportaron la monumentalidad y magnificencia de sus estatuas (Walde-Waldegg 1936; Pérez de Barradas 1937). En la actualidad, las investigaciones disponibles reportan el hallazgo de fragmentos de obsidiana de origen desconocido (Duque y Cubillos 1983). Después del año 1500 DC, grupos indígenas poblaron la región alrededor del parque arqueológico; sin embargo, no poseían conocimiento ni herencia cultural para construir las reliquias materiales encontradas, de acuerdo con los lineamientos de esa cultura arqueológica conocida por sus estatuas, rituales funerarios y metalurgia de aleaciones preciosas. Así pues, no se puede suponer que esa población indígena fuese artífice de tales obras.

La obsidiana es un vidrio volcánico (figura 3) que se forma cuando la lava se enfría rápidamente hasta el pun-



Figura 2. Monolitos, Parque Arqueológico de San Agustín (foto: Ali D. Öcal).

to de cristalización (Malainey 2010). La mineralogía clasifica la obsidiana como ácida debido a su alta concentración de sílice (65-70 % SiO_2). Sin embargo, es posible encontrar óxidos de aluminio, sodio, potasio, calcio y hierro en su composición química. Las obsidianas tienen una baja concentración de agua, por lo general menos del 4 % y a menudo por debajo del 1 % (Pollard y Heron 1996). Debido al tipo de fractura de estas rocas volcánicas (conocidas como concoideas), en la antigüedad eran materia prima ideal para la fabricación de navajas, puntas de flecha y otro tipo de herramientas (figura 3).

La obsidiana logró un amplio uso en los Andes durante la época prehispanica (Gnecco *et al.* 1998) y, lamentablemente, solía ser de poco interés para los investigadores, que parecían más interesados en otros materiales. Sin embargo, este material se impone progresivamente como marcador de intercambio y puede ser caracterizado mediante diferentes técnicas físicas.



Figura 3. Obsidiana tal como se encontró en la fuente geológica (izquierda). Artefactos en obsidiana obtenidos en superficie, Parque Arqueológico de San Agustín, Colombia (derecha); correspondientes a raspadores y punta de lanza entre otros utensilios.



Figura 4. Río Negro (izquierda) y nódulos de obsidiana encontrados (derecha).

Hoy en día este tema es de creciente interés entre los arqueólogos. Las investigaciones de Salazar (1980) y Gnecco (1993) destacaron el carácter fundamental del estudio de las fuentes geológicas de obsidiana para comprender la difusión de este material. La presente investigación se centró en la obsidiana porque es duradera y forma parte de la abundante cultura arqueológica del Parque de San Agustín. Además, debido al análisis del contenido químico de la obsidiana, se puede determinar el origen del material y comprender la distribución del mismo. Esta investigación busca averiguar si existe alguna fuente o múltiples fuentes geológicas para la obsidiana arqueológica de San Agustín.

Las fuentes de obsidiana se hallan principalmente en los departamentos del Cauca y del Huila, en el sureste de Colombia, y están vinculadas a la caldera volcánica Paletará, mapeada con puntos en la figura 1 (Torres *et al.* 1999). La geología del área muestra la distribución de capas de ignimbritas, afloramientos puntuales de ignimbritas y brechas de explosión. El análisis mediante espectroscopia de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS por sus siglas en inglés), espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES por sus siglas en inglés) y emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE por sus siglas en inglés) permite identificar la composición elemental de las obsidianas (Bellot-Gurlet *et al.* 2008).

Sin embargo, en algunos casos, la estructura geoquímica no discrimina obsidianas de diferentes volcanes o inundaciones de lava de una sola estructura volcánica. En tal caso, otros métodos de análisis posibilitan determinar la procedencia de las obsidianas. La técnica de fluorescencia de rayos X (FRX, XRF por sus siglas en

inglés) permite que se determine la procedencia arqueológica de las obsidianas.

2. MATERIALES

La figura 1 muestra, marcados con grandes puntos azules, los cuatro sitios de recolección de muestras de obsidianas. Se estudiaron diez muestras de obsidiana recogidas a orillas del río Negro (RN), lugar ubicado a 15 km al SO de Popayán (Colombia), con coordenadas 2° 4' 65" N (latitud) y 76° 35' 15" W (longitud) y una altitud de 1900 m s. n. m. (figura 4).

Las muestras geológicas de obsidianas del río Negro se recolectaron en dos lugares diferentes: en los puntos 1 (P1) y 2 (P2) a lo largo del río, separados entre sí por una distancia media de 200 m. Otras cinco obsidianas fueron encontradas cerca del volcán Cargachiquito (CC), ubicadas en las proximidades del pueblo de Quintana-Cauca (Colombia), y una obsidiana es atribuida al volcán Azafatudo (AZ), localizado en el flanco norte del volcán Sotaró (B. Pulgarín, comunicación personal; Seelenfreund *et al.* 2005).

También se estudiaron dos muestras recolectadas en las laderas del río Hondo (RH), situado entre Popayán y el municipio de El Tambo (ver figura 1). Finalmente, se tuvo acceso a una muestra de Mullumica (volcán ubicado en Ecuador).

Las bases de datos del Programa Arqueológico Regional en el Alto Magdalena (PARAM) y del Proyecto Arqueológico Mesitas (PAM) permitieron clasificar los utensilios arqueológicos de obsidianas, como se muestra en la tabla 1. Las muestras arqueológicas pertene-

Tabla 1. Clasificación de obsidias arqueológicas. ME = Mesitas. Las letras A-D se refieren a la profundidad a la que fueron encontradas. De tal manera, A = 1 m, B = 2 m, C = 3 m y D = 4 m, y así sucesivamente.

Período	Identificación	Peso (mg)	Color aparente	Tipo de elemento
Formativo Temprano (F1)	ME 108 D	2343,92	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca usada
	ME 112 D	601,18	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca usada
	ME 145 D	1173,88	Negro con bandas transparentes	Lasca usada
	ME 206 D	325,62	Negro con bandas transparentes	Lasca
	ME 165 E	304,58	Negro con bandas transparentes	Lasca
	ME 174 E – 01	1578,26	Negro	Lasca
Formativo Medio (F2)	ME 091 D	1205,94	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca
	ME 115 D	596,02	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca
	ME 262 D – 01	709,76	Negro con bandas de color marrón rojizo	Indeterminado
	ME 164 H	1942,92	Negro con bandas transparentes	Cáscara
	ME 083 I	421,38	Marrón	Lasca usada
	ME 116 I	4648,24	Negro con bandas transparentes	Lasca
Formativo Tardío (F3)	ME 294 A	820,68	Negro con bandas transparentes	Lasca usada
	ME 066 B	841,02	Negro con bandas transparentes	Indeterminado
	ME 130 B -01	1985,14	Negro	Lasca
	ME 131 B	1887,3	Negro con bandas de color marrón rojizo	Cáscara
	ME 018 I – 01	778,68	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca
	ME 018 I – 02	1239,32	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca
Clásico Regional (CR)	ME 095 A	2641,42	Negro con bandas de color marrón rojizo	Lasca usada
	ME 001 B – 01	2264,34	Negro con bandas transparentes	Lasca
	ME 001 B – 02	572,16	Negro con bandas transparentes	Lasca
	ME 101 C	740,84	Negro con bandas transparentes	Lasca
	ME 014 D	2374,28	Negro con bandas transparentes	Indeterminado
	ME 203 A	1657,38	Negro con bandas transparentes	Sliver
Reciente (REC)	ME 213 A	1256,72	Negro	Indeterminado
	ME 262 A	2692,52	Negro	Rascador
	ME 265 A	1969,54	Negro con bandas de color marrón rojizo	Indeterminado
	ME 184 B - 01	1186,2	Negro	Lasca
	ME 053 C	638,58	Negro con bandas transparentes	Lasca

cen a cinco periodos: Formativo Temprano, Formativo Medio, Formativo Tardío, Clásico Regional y Reciente. El Formativo va desde el año 1000 AC hasta el 1 DC y se divide en tres periodos: Formativo Temprano (F1, 1000-600 AC); Formativo Medio (F2, 600-

300 AC) y Formativo Tardío (F3, 300 AC-1 DC). Otros periodos son el Clásico Regional (CR, 1-900 DC) y el Reciente (REC, 900-1530 DC). La información pertenece a las bases de datos PAM y PARAM, donde «ME» se refiere a Mesitas (la ubicación del desarrollo del pro-

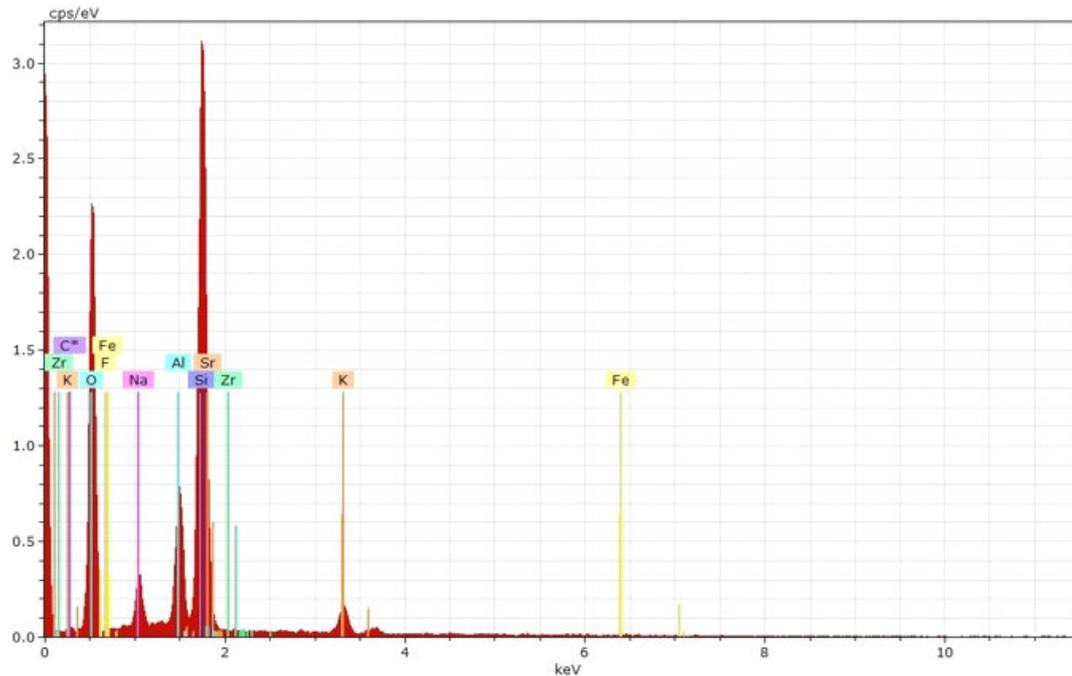


Figura 5. Espectro de composición de elementos en la muestra ME053C, perteneciente al periodo Reciente, obtenida por EDX.

yecto). El código numérico corresponde al pozo al que pertenece la muestra y la letra final se refiere al nivel estratigráfico de la muestra en el pozo. Por consiguiente, «A» representa al nivel más cercano a la superficie. En realidad A se refiere a muestras halladas a 1 m de profundidad desde la superficie. A medida que avanza el alfabeto, aumenta la profundidad del nivel estratigráfico (ver leyenda de la tabla).

Las muestras arqueológicas estudiadas son restos o partes de otras muestras. Son consideradas «no útiles» y no presentan problemas para su estudio. Otras muestras arqueológicas cercanas al Parque de San Agustín no se encuentran registradas en la tabla 1 porque fue imposible determinar su pertenencia a un periodo concreto. Vienen de Morelia, Pitalito, Quintana y Salado blanco, pueblos de Colombia cercanos al Parque Arqueológico de San Agustín.

Para la limpieza de las muestras recolectadas, estas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 3 % durante 24 horas. Luego de ser separadas de la solución, fueron colocadas en agua desmineralizada por una hora. Finalmente, para eliminar el exceso de humedad, las muestras se introdujeron en una estufa de secado durante una hora a 60 °C.

Los espectros de XRF se registraron en un equipo *MagixPro PW-2440 Philips* equipado con un tubo de rodio. La sensibilidad de este equipo es de 200 ppm (0,02 %) para la detección de metales pesados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (EDX)

El análisis de rayos X por dispersión de energía (EDX por sus siglas en inglés) es una técnica utilizada para identificar los elementos químicos presentes en cada muestra. La figura 5 es un espectro EDX obtenido de la muestra arqueológica ME053C del periodo Reciente. En dicho espectro se aprecian los elementos químicos presentes en esa obsidiana arqueológica en particular. La tabla 2 registra los resultados medios, en porcentajes, de los elementos químicos presentes en todas las muestras estudiadas por EDX, para cualquier muestra perteneciente al mismo periodo y hallada a la misma profundidad.

El componente químico principal registrado es el silicio, seguido del oxígeno y el aluminio. El alto contenido de oxígeno podría asociarse con óxidos metálicos, que se identificarán por fluorescencia de rayos X (XRF).

La fluorescencia de rayos X (XRF) es la emisión de rayos X por un material al ser bombardeado con una fuente de rayos X. La radiación fluorescente se clasifica por la energía de los fotones o la longitud de onda de la radiación y la intensidad de la emisión, que es medida en cuentas por segundo (cps); depende de la cantidad de cada elemento químico del material en la muestra.

Tabla 2. Resultados medios de la composición química elemental, determinados por EDX en obsidias arqueológicas y geológicas. ### significa que son muestras del mismo periodo y halladas a la misma profundidad, independientemente del pozo donde se encontró la muestra. RN = Río Negro.

MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS						
Periodo	Identificación	Elemento Químico				
		Si (%)	Al (%)	Na (%)	K (%)	O (%)
Formativo Temprano (F1)	ME ### D	28,3	7,5	4,1	2,5	54,8
	ME ### E	35,8	7,4	3,3	3,3	48,9
Formativo Medio (F2)	ME ### D	31,8	7,3	3,8	2,9	53,1
	ME 164 H	30,4	7,1	4,4	2,4	55,7
	ME ### I	29,3	6,8	3,9	2,7	55,8
Formativo Tardío	ME 294 A	20,05	7,02	5,71	1,83	62,05
	ME ### B	24,6	7,2	5,0	2,3	59,4
	ME 018 I	20,38	6,75	5,87	1,99	61,86
Clasico regional	ME 101 C	29,25	6,79	4,33	2,53	56,18
Reciente	ME ## A	29,8	7,0	5,9	3,5	49,6
	ME 184 B	32,44	7,16	3,22	3,4	53,16
	ME 053 C	22,19	6,35	5,64	1,2	64,58
MUESTRAS GEOLÓGICAS						
	Identificación	Elemento Químico				
		Si (%)	Al (%)	Na (%)	K (%)	O (%)
	RN 1	28,5	9,2	4,2	2,3	53,5
	RN 2	31,9	7,8	4,4	2,8	52,2
	AZAFATUDO	32,0	7,6	3,8	2,8	53,2
	MULLUMICA	30,7	7,9	4,3	2,9	53,1
	CARGACHIQUITO	27,0	6,6	4,7	2,0	54,4

Al igual que la EDX, es una técnica para análisis químico elemental de metales, vidrios y cerámicas. La diferencia estriba en que con XRF es posible registrar emisiones fluorescentes de rayos X con energías menores a las emitidas por los elementos químicos individuales; es decir, las de moléculas como los óxidos.

3.2 Resultados de la XRF

La tabla 3 muestra los compuestos químicos obtenidos por XRF. Los óxidos metálicos están presentes en todas las obsidias, siendo el dióxido de silicio (SiO_2)

el de mayor concentración, seguido por el óxido de aluminio (Al_2O_3), el óxido de potasio (K_2O), el óxido de sodio (Na_2O) y el óxido de hierro (III) (Fe_2O_3). Otros óxidos metálicos (Ba, Sr y Rb) también están presentes en cantidades menores.

La presencia de hierro (Fe) y titanio (Ti) en algunas muestras explica el color y la tonalidad oscura de las muestras. Solo se registran los resultados XRF de dos muestras arqueológicas por periodo. Son visibles muestras de algunas aldeas vecinas del Parque Arqueológico de San Agustín, aunque no identificadas como pertenecientes a una época concreta.

Tabla 3. Resultados de la fluorescencia de rayos X (XRF) de obsidianas arqueológicas y geológicas.

Periodo	Identificación	Elementos o compuesto												
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Ba	P ₂ O ₅	TiO ₂	Sr	Rb
Formativo temprano (F1)	ME 108 D	77,505	12,074	4,597	2,869	1,319	0,881	0,072	0,061	0,227	0,017	0,183	0,028	0,023
	ME 145 D	77,303	12,082	4,686	2,979	1,249	0,917	0,086	0,066	0,21	0,023	0,214	0,024	0,019
Formativo medio (F2)	ME 116 I	77,4	12,088	4,85	2,878	1,196	0,813	0,098	0,09	0,19	0,019	0,185	0,03	0,02
	ME 164 H	77,5	12,101	4,71	2,858	1,212	0,872	0,088	0,07	0,19	0,026	0,167	0,03	0,02
Formativo tardío (F3)	ME 066 B	77,59	12,057	4,7	2,816	1,22	0,821	0,088	0,07	0,21	0,019	0,202	0,02	0,02
	ME 130 B -01	77,69	12,086	4,69	2,844	1,212	0,812	0,062	0,07	0,15	0,016	0,174	0,01	0,01
Clásico Regional (CR)	ME 095 A	77,51	12,255	4,38	2,967	1,239	0,863	0,092	0,07	0,18	0,02	0,188	0,03	0,02
	ME 014 D	77,24	12,225	4,61	2,971	1,253	0,89	0,063	0,12	0,19	0,024	0,188	0,03	0,02
Reciente (REC)	ME 203 A	77,38	12,142	4,59	2,92	1,337	0,897	0,083	0,06	0,18	0,021	0,179	0,03	0,02
	ME 053 C	77,47	12,061	4,58	3,086	1,187	0,823	0,059	0,11	0,24	0,022	0,191	0,02	0,01
RN SITIO 1 #1		78,6	11,713	4,93	2,699	0,947	0,666	0,047	0,04	0,06	0,016	0,129	0,01	0,02
RN SITIO 1 #2		78,3	11,746	5,26	2,58	0,918	0,723	0,056	0,04	0,06	--*	0,124	0,01	0,02
RN SITIO 2 #1		78,92	11,242	4,97	2,729	0,895	0,78	0,066	0,05	0,06	--*	0,109	0,01	0,01
RN SITIO 2 #3		78,52	11,563	5,18	2,642	0,951	0,699	0,039	0,05	0,06	--*	0,126	0,01	0,01
AZAFATUDO		76,52	13,243	3,93	3,432	1,037	0,843	0,116	0,11	0,1	0,077	0,077	0,01	--*
MULLUMICA		75,74	12,559	5,05	2,829	1,694	1,299	0,079	0,1	0,12	0,037	0,242	0,02	0,02
CARGACHIQUITO #1		75,72	15,564	1,8	3,577	1,468	0,964	0,07	0,06	0,16	0,021	0,191	0,01	0,01
CARGACHIQUITO #2		76,67	13,478	2,25	3,938	1,469	1,314	0,054	0,05	0,15	0,029	0,208	--*	--*
RIO HONDO #1		78,31	11,856	5,12	2,537	0,958	0,741	0,078	0,05	0,06	--*	0,118	0,01	0,02
RIO HONDO #2		75,54	12,913	4,25	3,262	1,677	1,424	0,079	0,13	0,1	0,041	0,246	0,01	0,01
MORELIA		77,46	12,081	4,65	2,978	1,237	0,834	0,078	0,07	0,19	0,02	0,168	0,02	0,02
PITALITO		77,36	12,218	4,72	2,805	1,245	0,866	0,088	0,08	0,21	0,023	0,175	0,02	0,02
QUINCHANA		77,2	12,117	4,87	2,761	1,294	0,928	0,102	0,07	0,23	0,028	0,183	0,03	0,02
SALADOBLANCO		77,21	12,326	4,66	2,965	1,276	0,881	0,094	0,07	0,2	0,02	0,192	0,01	0,01

La figura 6 muestra los porcentajes de óxido de potasio (K₂O), óxido de aluminio (Al₂O₃) y dióxido de silicio (SiO₂) en todas las muestras arqueológicas y geológicas. Es una imagen en 3D con ejes que representan el contenido de cada uno de los óxidos. La figura 6 exhibe, encerradas en círculo rojo, las muestras con similares concentraciones de estos tres óxidos. Por ser muestras arqueológicas, el resultado indica que tienen una procedencia común, o mejor, que provienen de la

misma fuente geológica de obsidianas. Por otro lado, la figura 6 señala que las muestras recogidas en Morelia, Pitalito, Quintana y Salado blanco están dentro del mismo círculo rojo que encierra las muestras de los periodos Formativo Temprano (F1), Formativo Medio (F2), Formativo Tardío (F3), Clásico Regional (CR) y Reciente (REC). Esta superposición indicaría que estas muestras, encontradas fuera del parque arqueológico, provienen de la misma fuente que las encontradas

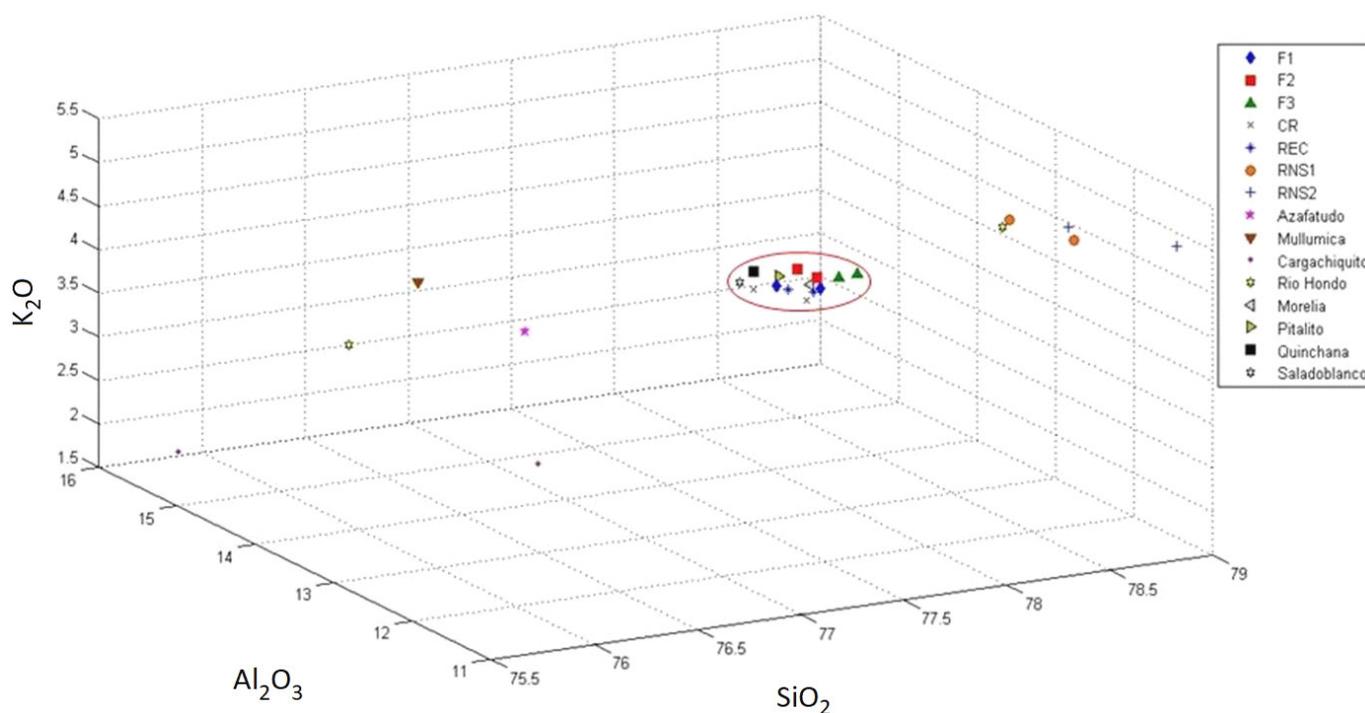


Figura 6. Concentración de K_2O , Al_2O_3 y SiO_2 en muestras arqueológicas de distintos periodos (F1, F2, F3, CR y REC) y para muestras geológicas pertenecientes a las fuentes de obsidias recogidas en los volcanes de la caldera Paletará (Azafatudo, Mullumica, Cargachiquito, Río Hondo, Morelia, Pitalito, Quinchana y Saladoblanco).

dentro del Parque Arqueológico de San Agustín. Ninguna de las muestras geológicas estudiadas tiene concentraciones de tales óxidos similares a las muestras arqueológicas.

La figura 7 despliega las concentraciones de compuestos de óxido de sodio (Na_2O), óxido de aluminio (Al_2O_3) y dióxido de silicio (SiO_2) de cada muestra. Nuevamente, las muestras recogidas en Morelia, Pitalito, Quintana y Saladoblanco, así como las de los periodos F1, F2, F3, CR y REC, tienen concentraciones similares, lo cual confirma que las muestras arqueológicas de estos sitios mencionados podrían provenir de la misma fuente geológica.

La figura 8 compara las concentraciones de compuestos de óxido de titanio (TiO_2), óxido de hierro (Fe_2O_3) y dióxido de silicio (SiO_2). El análisis es similar al observado en las figuras 6 y 7.

De las figuras 6, 7 y 8 se puede inferir que las muestras de Morelia, Pitalito, Quintana y Saladoblanco y los periodos Formativo Temprano (F1), Formativo Medio (F2), Formativo Tardío (F3), Clásico Regional (CR) y Reciente (REC) proceden de la misma zona (tienen un contenido similar de los compuestos mencionados anteriormente).

Esta deducción considera que la composición química de una fuente particular de obsidias, con muy

pocas excepciones, es homogénea y que diferentes fuentes difieren por su composición química elemental particular (Seelenfreund *et al.* 2005).

Además, de las figuras 6, 7 y 8 también es posible inferir que las muestras del Sitio 1 (RNS1) y el Sitio 2 (RNS2) de Río Negro tienen un origen geológico común, que es consistente con lo descrito por Duttine *et al.* (2003). Es decir, dichas muestras tienen como fuente al mismo volcán, en la misma erupción. La muestra de Mullumica (Ecuador) presenta inclusiones cristalinas de óxido de hierro, como hematita, magnetita y silicatos de hierro. Estas inclusiones indican una baja probabilidad de que la obsidiana de las muestras arqueológicas provenga de allí.

Las diferencias observadas en las muestras de Río Hondo se pueden explicar si se formaron en diferentes erupciones de un mismo volcán o provienen de diferentes volcanes cercanos entre sí.

La evidente diferencia de composición química entre las muestras geológicas y arqueológicas permite concluir que no tienen un origen común. Esta importante deducción sugiere que las culturas asentadas en los sitios de Morelia, Pitalito, Quintana y Saladoblanco eran las mismas que las asentadas en San Agustín o tenían los mismos afloramientos de fuente de obsidiana. Otros autores también lo sugirieron (Drennan *et al.* 1991).

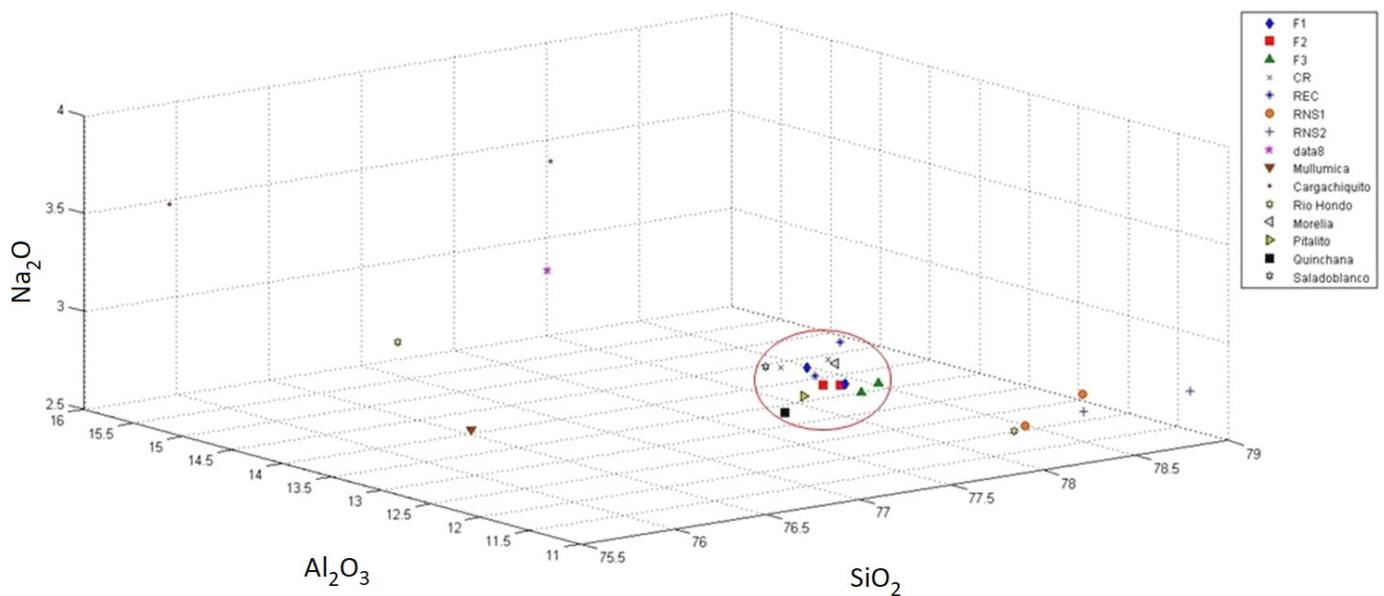


Figura 7. Concentración de Na_2O , Al_2O_3 y SiO_2 en muestras arqueológicas de distintos periodos (F1, F2, F3, CR y REC) y para muestras geológicas pertenecientes a las fuentes de obsidias recogidas en los volcanes de la caldera Paletará (Azafatudo, Mullumica, Cargachiquito, Río Hondo, Morelia, Pitalito, Quinchana y Saladoblanco).

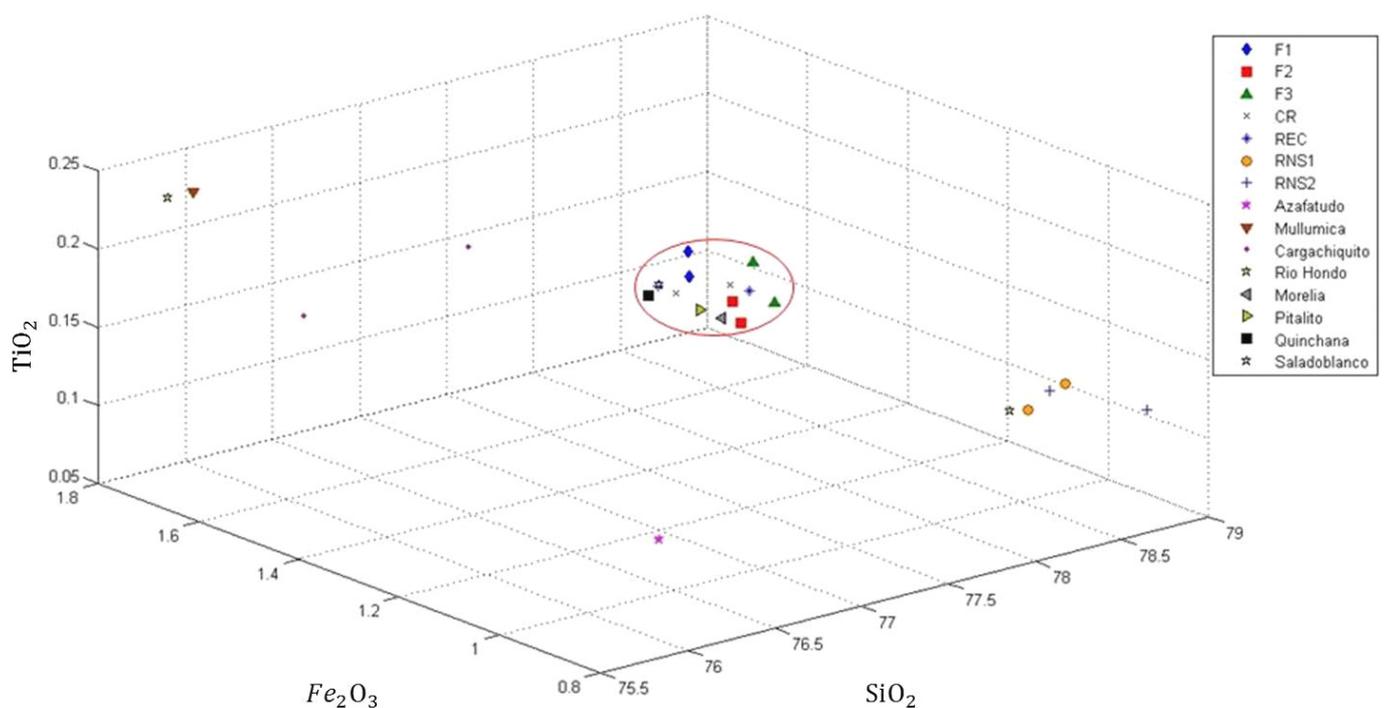


Figura 8. Concentración de TiO_2 , Fe_2O_3 y SiO_2 en muestras arqueológicas de distintos periodos (F1, F2, F3, CR y REC) y para muestras geológicas pertenecientes a las fuentes de obsidias recogidas en los volcanes de la caldera Paletará (Azafatudo, Mullumica, Cargachiquito, Río Hondo, Morelia, Pitalito, Quinchana y Saladoblanco).

4. CONCLUSIONES

El análisis XRF permitió caracterizar diferentes fuentes geológicas de obsidiana en Colombia. Los resultados por XRF de las muestras de obsidiana geológicas de los sitios de Río Negro, Cargachiquito, Azafatudo,

Río Hondo y Mullumica indican que los utensilios arqueológicos elaborados por la comunidad agustiniana no tienen como materia prima obsidias de los cuatro afloramientos geológicos considerados.

Ninguna de las muestras geológicas analizadas corresponde a las fuentes explotadas por la cultura San Agus-

tín. Así pues, se concluye que la obsidiana utilizada para hacer los utensilios arqueológicos hallados llegó a San Agustín, posiblemente, desde lugares lejanos a las fuentes geológicas de la caldera Paletará. Además, según lo anterior, es posible que sea una sola fuente, explotada sistemáticamente a lo largo del tiempo, pues todas las muestras arqueológicas tienen idéntica composición química, lo cual hace suponer que pertenecen a la misma fuente volcánica y a la misma erupción.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales (FIAN) y al Banco de la República el apoyo financiero a través del proyecto 446. Además, expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia por apoyar esta investigación y a John Escobar por su esfuerzo en organizar las muestras estudiadas.

REFERENCIAS

- BELLOT-GURLET, L.; O. DORIGHEL; G. POUPEAU. 2008. Obsidian provenance in Colombia and Ecuador: obsidian source revisited. *Journal of Archaeological Science* 35, 2: 272-289.
- DRENNAN, R. D.; L. G. JARAMILLO; E. RAMOS; C. A. SÁNCHEZ; M. A. RAMÍREZ; C. A. URIBE. 1991. Regional Dynamics of Chiefdoms in the Valle de la Plata, Colombia. *Journal of Field Archaeology* 18, 3: 297-317.
- DUQUE, L.; J. C. CUBILLOS. 1983. *Arqueología de San Agustín: exploraciones y trabajos de reconstrucción en las Mesitas A y B*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales (FIAN).
- DUTTINE, M.; G. VILLENEUVE; G. POUPEAU; A. M. ROSSI; R. B. SCORZELLI. 2003. Electron spin resonance of Fe³⁺ ion in obsidians from Mediterranean islands: Application to provenance studies. *Journal of Non-Crystalline Solids* 323, 1-3: 193-199.
- GNECCO, C.; M. D. GLASCOCK; H. NEFF. 1993. *Chemical composition analyses of obsidian from La Elvira, SW Colombia*. Internal Report. Columbia: Missouri University Research Reactor.
- GNECCO, C.; D. PATIÑO; O. DORIGHEL; L. BELLOT-GURLET; G. POUPEAU; M. D. GLASCOCK. 1998. La articulación prehispánica costa-Andes en el suroccidente de Colombia vista a través de las redes de circulación de obsidiana. En *Intercambio y comercio entre costa, Andes y selva*, eds. F. Cárdenas-Arroyo y T. L. Bray, pp. 49-66. Bogotá: Universidad de los Andes.
- LLANOS, H. 1988. Algunas consideraciones sobre la cultura de San Agustín: un proceso histórico milenario en el sur del Alto Magdalena de Colombia. *Boletín Museo del Oro* 22: 83-101.
- MALAINÉY, M. E. 2010. *A Consumer's Guide to Archaeological Science. Analytical Techniques*. Nueva York: Springer.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. 1938. Estudio antropológico de los dos primeros cráneos humanos de San Agustín. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 2, 7: 371-376.
- POLLARD, M. A.; C. HERON. 1996. *Archaeological Chemistry*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- PREUSS, K. T. 1914. Reisebrief aus Kolumbien [carta de viaje enviada desde Colombia]. *Zeitschrift für Ethnologie* 46, 1: 106-113. Berlín.
- SALAZAR, E. 1980. *Talleres prehistóricos en los altos Andes del Ecuador*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- SEELENFREUND, A.; J. MIRANDA; M. I. DINATOR; J. R. MORALES. 2005. Caracterización de obsidias del norte y centro sur de Chile mediante análisis de fluorescencia de rayos X. *Chungara* 37, 2: 245-253.
- TORRES, M. P.; M. MONSALVE; B. PULGARÍN; H. CEPEDA. 1999. Caldera de Paletará: aproximación a la fuente de las ignimbritas del Cauca y Huila (Colombia). *Boletín Geológico* 37, 1-3: 1-15.
- URBANO, R. A. 2010. Geometría en las esculturas del Parque Arqueológico de San Agustín. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática* 3, 1: 45-66.
- WALDE-WALDEGG, H. VON. 1937. *Preliminary Report on the Expedition to San Agustín (Colombia). June-November 1936. Part I*. Chestnut Hill, MA: Boston College Press.