

ANEXOS

- A. ANEXO: AUTORIZACIONES DE INTERVENCIÓN**
- B. ANEXO: TABLAS Y GRÁFICOS DE TOMA DE MUESTRAS**
- C. ANEXO: REPORTES DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES**
- D. ANEXO: RESULTADOS DE SOCIALIZACIÓN**

A. ANEXO: AUTORIZACIONES DE INTERVENCIÓN

- I. Autorización de intervención de material arqueológico para investigación 2543 del 13 de mayo 2019**
- II. Autorización de intervención de material arqueológico para investigación 3627 del 10 de julio de 2019**
- III. Autorización Resguardo Indígena San Andrés de Pisimbalá.**



Instituto Colombiano de
Antropología e Historia

ICANH



La cultura
es de todos

Mincultura

ICANH-132 2543

Bogotá D.C, 13 MAY 2019

A QUIEN CORRESPONDA

Asunto: Autorización de intervención de material arqueológico para investigación

Mediante el presente documento y en aplicación del Artículo 7º de la Ley 1185 de 2008, el Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH, certifica que la Investigadora **ANA ISABEL GIRALDO OCAMPO** identificada con cédula de ciudadanía No. 1022376155, restauradora de bienes muebles de la Universidad Externado de Colombia, está autorizada para intervenir pinturas murales de hipogeos ubicados en el Parque Arqueológico de Tierradentro, departamento del Cauca, en el marco del desarrollo del proyecto ganador del Estímulo de Fomento a la Investigación 2019, aprobado por el ICANH, titulado "*Caracterización de Materiales y Diagnóstico del estado de Conservación de las Pinturas Murales de los Hipogeos A-0; AR-50, AR-44 y AR-38 del Alto del Aguacate, ubicado en el Parque Arqueológico de Tierradentro. Departamento del Cauca*".

Esta autorización de intervención, se otorga teniendo en cuenta que, desde la perspectiva de Conservación, la investigación en el Alto del Aguacate es necesaria y prioritaria para profundizar en la documentación, técnica, materiales, estudios geológicos y estado de conservación de los hipogeos del sitio, por lo que producirá información básica en diferentes disciplinas y ahondará en el conocimiento del material sobre el cual se podrá avanzar en proyectos futuros de investigación.

Para esta intervención sobre el Patrimonio Arqueológico, se autoriza tomar muestras de los Hipogeos, así:

- **Soporte:** 1 muestra para un (1) solo hipogeo. Tomada de zona donde no presente pintura mural, no causen irrupción estética o afecten la estabilidad de las pinturas.
- **Capa de preparación:** 1 muestra (hipogeo ar-44).
- **Pintura mural:** 1 corte transversal y 1 muestra en polvo por cada tono sin repetir la extracción del mismo color en los tres (3) hipogeos caso de estudio, así: a-0: 1 tono, ar-50: 1 tono, ar-44: 1 tono, ar-48: 1 tono.
- **Materiales de deterioro en la superficie:** 1 por cada deterioro identificado. esto se determinará en la fase de diagnóstico del estado de conservación.



Instituto Colombiano de
Antropología e Historia

ICANH



La cultura
es de todos

Mincultura

- **Tamaño de las muestras:** deben tener el menor tamaño posible, en el caso de fragmentos se trata de muestras micro-estratigráficas de aproximadamente 3 a 5mm, en el caso de muestras en polvo se extraerán muestras del orden de miligramos, que requieren menos de 1 cm² de superficie a raspar.

Los hipogeos serán intervenidos entre el 17 y el 20 de mayo de 2019. Una vez finalicen los análisis, el material obtenido para los análisis se entregará al ICANH.

Para efectos de realizar seguimiento a esta autorización, es necesario que una vez finalice la investigación, se remita a este Instituto la copia del informe final de estudio.

Atentamente,

FERNANDO MONTEJO GAITÁN
Coordinador – Grupo de Patrimonio

Proyectó: AEscobar



ICANH

Instituto Colombiano de
Antropología e Historia



La cultura
es de todos

Mincultura

ICANH-132

3 6 2 7

Bogotá D.C,

10 JUN 2019

A QUIEN CORRESPONDA

Asunto: Autorización de intervención de material arqueológico para investigación

Mediante el presente documento y en aplicación del Artículo 7º de la Ley 1185 de 2008, el Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH, certifica que la Investigadora **ANA ISABEL GIRALDO OCAMPO** identificada con cédula de ciudadanía No. 1022376155, restauradora de bienes muebles de la Universidad Externado de Colombia, está autorizada para intervenir pinturas murales de hipogeos ubicados en el Parque Arqueológico de Tierradentro, departamento del Cauca, en el marco del desarrollo del proyecto ganador del Estímulo de Fomento a la Investigación 2019, aprobado por el ICANH, titulado “*Caracterización de Materiales y Diagnóstico del estado de Conservación de las Pinturas Murales de los Hipogeos A-0; AR-50, AR-44 y AR-38 del Alto del Aguacate, ubicado en el Parque Arqueológico de Tierradentro. Departamento del Cauca*”.

Esta autorización de intervención, se otorga teniendo en cuenta que, los resultados arrojados por las muestras tomadas por la restauradora, de acuerdo con la Autorización anterior (ICANH-2543 con fecha 13 de mayo de 2019), se ha evidenciado la necesidad de tomar nuevas muestras de color, con el fin de comparar los diferentes pigmentos que existen en los hipogeos y llegar a tener una mejor aproximación comparativa sobre los pigmentos de los hipogeos AR-0; AR-50, AR-44 y AR-38.

Por lo anterior, entendiendo que es necesario para el enriquecimiento de la investigación la comparación de pigmentos, se autoriza la adición en la toma de muestras de color así:

AR-0. 2 muestras, así: Negro (C1, P1) y Rojo (C2, P2)
AR-38. 3 muestras así: Negro (C1, P1); Rojo (C2, P2) y Blanco (C3, P3)
AR-44. 1 Muestra así: *Rojo (C2, P2)*
AR-50. 2 muestras así: Negro (C1, P1) y Blanco (C3, P3)

Los hipogeos serán intervenidos entre el 12 y el 19 de julio de 2019. Una vez finalicen los análisis, el material obtenido para estos análisis se entregará al ICANH.

Para efectos de realizar seguimiento a esta autorización, es necesario que al terminar la investigación, se remita a este Instituto la copia del informe final de estudio.

Atentamente,


FERNANDO MONTEJO GAITÁN
Coordinador – Grupo de Patrimonio

Proyectó: AEscobar



ASOCIACIÓN JUAN TAMA TERRITORIO ANCESTRAL RESGUARDO
INDIGENA DE SAN ANDRES DE PISIMBALA
MUNICIPIO DE INZA-CAUCA
NIT: 817002286-2

EL SUSCRITO CABILDO INDIGENA, EN USO DE SUS FACULTADES CONSTITUCIONALES Y LAS CONFERIDAS POR LA NASA WALA (ASAMBLEA), LA LEY DE ORIGEN, USOS Y CONSTUMBRES, LA LEY 89 DEL 1890 DE LA LEGISLACION INDIGENA Y EL ARTICULO 7, ARTICULO 246 DE LA LEY 21 DE 1991, EL CONVENIO 169 DE LA OIT Y EL ARTICULO 330 DE LA CONSTITUCION NACIONAL DE COLOMBIA

De acuerdo a los usos y facultades legítimas conferidas por la ley de origen, derecho mayo, y el derecho propio, usos y costumbres, además de facultades que confiere la ley 89 de 1890 y los artículos 246-247-329y 330 de la constitución política de Colombia y el convenio 169 de OIT, la ley 21 de 1991, legislación indígena última edición, la comunidad de Resguardó indígena san Andrés de Pisimbala, en cabeza de su Gobernador representante legal como lo certifica el ministerio de interior:

CERTIFICO QUE:


ANA ISABEL GIRARLDO OCAMPO identificada 1.022.376.155 de Bogotá., y profesora **JUDITH TRUJILLO TELLEZ identificada 51.939.606** de Bogotá. Mediante reunión el día 17 de julio de 2019 donde el resguardó decidió autorizar la realización del proyecto de investigación en el aloto del aguacate que es territorio indígena del resguardo, una vez culminado la investigación deberán socializar a la comunidad.

NOTIFICACIÓN

Cualquier inquietud la espero a la dirección de correo electrónico: wlizipia324@gmail.com
Celular 3217294846



RESGUARDO INDIGENA
SAN ANDRES DE PISIMBALA.



Wilson Liz Ipia
GOBERNADOR

WILSON LIZ IPIA

GOBERNADOR R.I SAN ANDRÉS DE PISIMBALÁ.

TERRITORIO ARQUEOLÓGICO DE TIERRADENTRO RESGUARDO INDIGENA DE SAN ANDRES DE PISIMBALA -
WEDX YU

CELULAR: 3217294846 - E-MAIL: resguardoindigenadesanandres@gmail.com wlizipia324@gmail.com

B. ANEXO: TABLAS Y GRÁFICOS DE TOMA DE MUESTRAS

I. HIPOGEO A-0

II. HIPOGEO-AR-38

III. HIPOGEO AR-44

IV. HIPOGEO AR-50

Tabla B-1: Resumen de toma de muestras y análisis realizados.

	Hipogeo/ Muestra	Tipo	Color/ Munsell I	Localización/ descripción	Pruebas realizadas
1	AR-44 C0	Fragmento Polvo	Gris	Parte derecha del techo, superficie rugosa sobresaliente.	Petrografía XRF, MRS.
2	A-0 C1	Corte estratigráfico	Negro	Lado izquierdo, parte superior. Luna negra.	OM, MRS SEM/EDS.
3	A-0 P1	Polvo	Negro	Lado izquierdo parte inferior, salamandra.	SEM/EDS XRD, FTIR.
4	A-0 C1	Corte estratigráfico	Rojo	Parte superior. Luna roja.	OM, MRS SEM/EDS.
5	A-0 P2	Polvo	Rojo	Lado izquierdo, parte inferior. Salamandra.	SEM/EDS XRD, FTIR.
6	A-0 C3	Corte estratigráfico	Blanco	Lado derecho, parte inferior. Salamandra en negro, rojo y blanco.	OM, MRS SEM/EDS.
7	A-0 P3	Polvo	Blanco	Lado derecho, parte inferior. Salamandra en negro, rojo y blanco.	SEM/EDS XRD, FTIR GC-MS.
8	AR-38 C1	Corte estratigráfico	Negro	Parte central, superior. Sol de contorno negro con líneas blancas.	OM, MRS SEM/EDS.
9	AR-38 P1	Polvo	Negro	Parte central, superior. Sol de contorno negro con líneas blancas.	SEM/EDS XRD, FTIR.
10	AR-38 C2	Corte estratigráfico	Rojo	Lado izquierdo, parte superior. Sol de contorno rojo claro con líneas rojas	OM, MRS SEM/EDS.
11	AR-38 P2	Polvo	Rojo	Lado izquierdo, parte superior. Sol de contorno rojo claro con líneas rojas	SEM/EDS XRD, FTIR MRS, GC-MS.
12	AR-38 C3	Corte estratigráfico	Blanco	Lado derecho, parte superior. Sol de contorno negro con líneas blancas.	OM, MRS SEM/EDS
13	AR-38 P3	Polvo	Blanco	Lado derecho, parte superior. Sol de contorno negro con líneas blancas.	SEM/EDS XRD, FTIR

14	AR-38 C4	Corte estratigráfico	Rojo claro	Lado izquierdo, parte superior. Sol de contorno rosa con líneas rojas.	OM, MRS SEM/EDS
15	AR-38 P4	Polvo	Rojo claro	Lado izquierdo, parte superior. Sol de contorno rosa con líneas rojas.	SEM/EDS XRD, FTIR
16	AR-44 C1	Corte estratigráfico	Negro	Parte central, lado derecho. Rombo negro con relleno rojo.	OM, MRS SEM/EDS
17	AR-44 P1	Polvo	Negro	Parte central, lado derecho. Figuras Negras	SEM/EDS XRD, FTIR
18	AR-44 C2	Corte estratigráfico	Rojo	Lado derecho, parte superior, rombo rojo.	OM, MRS SEM/EDS
19	AR-44 P2	Polvo	Rojo	Parte central superior. Figuras en rojo y negro.	SEM/EDS XRD, FTIR
20	AR-44 CA1	Corte estratigráfico	Blanco	Lado derecho, parte central. Fondo blanco.	OM, MRS SEM/EDS
21	AR-44 PA1	Polvo	Blanco	Lado izquierdo, parte central. Fondo blanco.	SEM/EDS XRD, FTIR
22	AR-50 C1	Corte estratigráfico	Negro	Lado izquierdo, parte superior. Triangulo invertido negro sobre rojo.	OM, MRS SEM/EDS
23	AR-50 P1	Polvo	Negro	Lado derecho, parte inferior. Franjas verticales negras.	SEM/EDS XRD, FTIR GC-MS
24	AR-50 C2	Corte estratigráfico	Rojo	Lado izquierdo, parte superior, triangulo rojo.	OM, MRS SEM/EDS
25	AR-50 P2	Polvo	Rojo	Lado derecho, parte inferior. Franja vertical roja.	SEM/EDS XRD, FTIR MRS, GC-MS
26	AR-50 C3	Corte estratigráfico	Blanco/ amarillo	Lado izquierdo, parte superior. Figura circular de franjas negras y rojas.	OM, MRS SEM/EDS
27	AR-50 P3	Polvo	Blanco/ amarillo	Lado derecho, parte inferior. Fondo blanco con franjas verticales.	SEM/EDS XRD, FTIR MRS, GC-MS

I. HIPOGEO A-0

Tabla 1. Muestras tomadas en el Hipogeo A-0.

Hipogeo A-0	Corte estratigráfico		Polvo	
Negro	C1	Figura (luna) negra lado izquierdo, parte superior	P1	Figura (salamandra) negra lado izquierdo parte inferior.
Rojo	C2	Figura (luna) roja	P2	Figura (salamandra) lado izquierdo, parte inferior.
Blanco El hipogeo sólo presenta una figura blanca.	C3	Figura (salamandra) en blanco, negro y rojo al lado derecho parte inferior.	P3	Figura (salamandra) en blanco, negro y rojo al lado derecho parte inferior.
TOTAL: 6 muestras				



Figura 0-1: Muestra A-0 C1

Figura 0-2: Muestra A-0 C2 rojo.

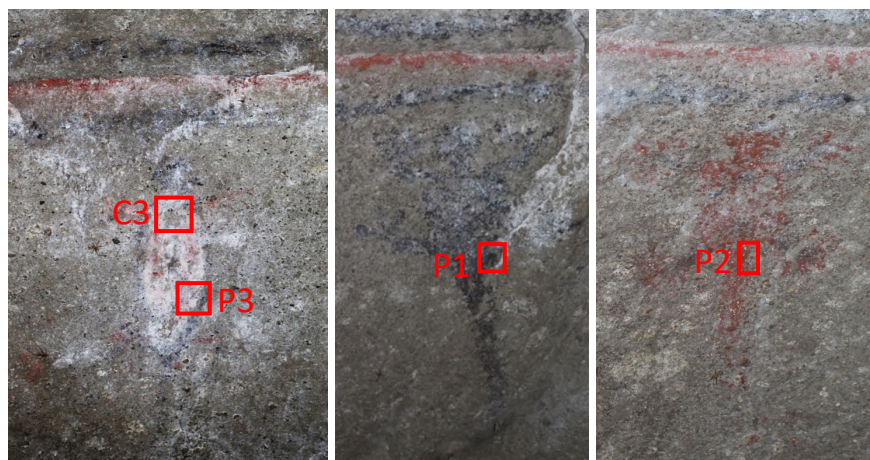


Figura 0-3: Muestras A-0 C3 blanco y A-0 P3 blanco.

Figura 0-5: Muestra A-0 P1

Figura 0-4: Muestra A-0 P2 rojo.



Figura 0-6: Gráfico de ubicación de muestras.

II. HIPOGEO AR-38

Tabla 4. Muestras tomadas en el Hipogeo AR-38

Hipogeo AR-38	Corte estratigráfico		Polvo	
Negro	C1	Figura central, contorno negro con líneas blancas perpendiculares.	P1	Figura central, contorno negro con líneas blancas perpendiculares.
Rojo	C2	Figura del lado izquierdo, contorno rosa con líneas rojas perpendiculares.	P2	Figura del lado izquierdo, contorno rosa con líneas rojas perpendiculares.
Blanco	C3	Figura del lado derecho, contorno negro con líneas blancas perpendiculares.	P3	Figura del lado derecho, contorno negro con líneas blancas perpendiculares.
Rosa	C4	Figura del lado izquierdo, contorno rosa con líneas rojas perpendiculares.	P4	Figura del lado izquierdo, contorno rosa con líneas rojas perpendiculares.
TOTAL: 8				



Figura 0-9: Muestras AR-38 C1 negro y AR-38 P1 negro.

Figura 0-8: Muestras AR-38 C3 blanco y AR-38 P3 blanco.

Figura 0-7: Muestras AR-38 C2 y AR-38 P2 rojo, AR-38 C4 y AR-38 P4



Figura 0-10: Gráfico de ubicación de muestras

III. HIPOGEO AR-44

Tabla 3. Muestras tomadas en el Hipogeo AR-44.

Hipogeo AR-44	Corte estratigráfico		Polvo	
SopORTE	C0	Parte superior izquierda del hipogeo, superficie rugosa del techo.		
Negro	C1	Parte central derecha del hipogeo, rombo negro con relleno rojo	P1	Parte central derecha, figuras geométricas negras.
Rojo	C2	Parte superior derecha del hipogeo, rombo rojo con fondo blanco/beige	P2	Parte central del hipogeo, figuras en rojo y negro.
Blanco/beige Capa de preparación	C3	Parte central derecha, fondo blanco con figuras negras	P3	Parte central izquierda, fondo beige con figuras negras.
TOTAL: muestras	7			



Figura 0-13: Muestra AR-44 C0 roca.



Figura 0-12: Muestra AR-44 C1 negro.

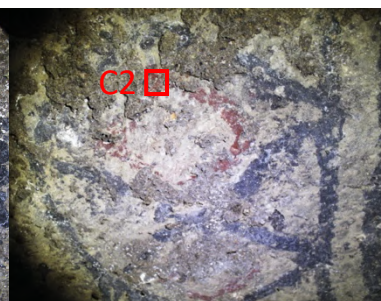


Figura 0-11: Muestra AR-44 C2



Figura 0-16: Muestras AR-44 C3 blanco y AR-44 P1 negro.



Figura 0-15: Muestra AR-44 P2 rojo.



Figura 0-14: Muestra AR-44 P3 blanco.



Figura 0-17. Gráfico de ubicación de muestras.

IV. HIPOGEO AR-50

Tabla 2. Muestras tomadas en el Hipogeo AR-50

Hipogeo AR-50	Corte estratigráfico		Polvo	
Negro	C1	Figura triangulo invertido, parte superior izquierda del hipogeo	P1	Franjas verticales Parte inferior derecha
Rojo	C2	Figura triángulo, parte superior izquierda del hipogeo.	P2	Franjas verticales Parte inferior derecha
Amarillo	C3	Figura circular, parte superior central del hipogeo	P3	Franjas verticales Parte inferior derecha
TOTAL: muestras	6			



Figura 0-18: Muestra AR-50 C1 negro.



Figura 0-20: Muestra AR-50 C2 rojo.

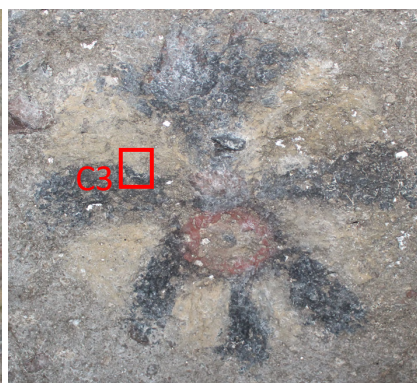


Figura 0-19: Muestra AR-50 C3 blanco.



Figura 0-23: Muestra AR-50 P1 negro.



Figura 0-22: Muestra AR-50 P2 rojo.



Figura 0-21: Muestra AR-50 P3 blanco.

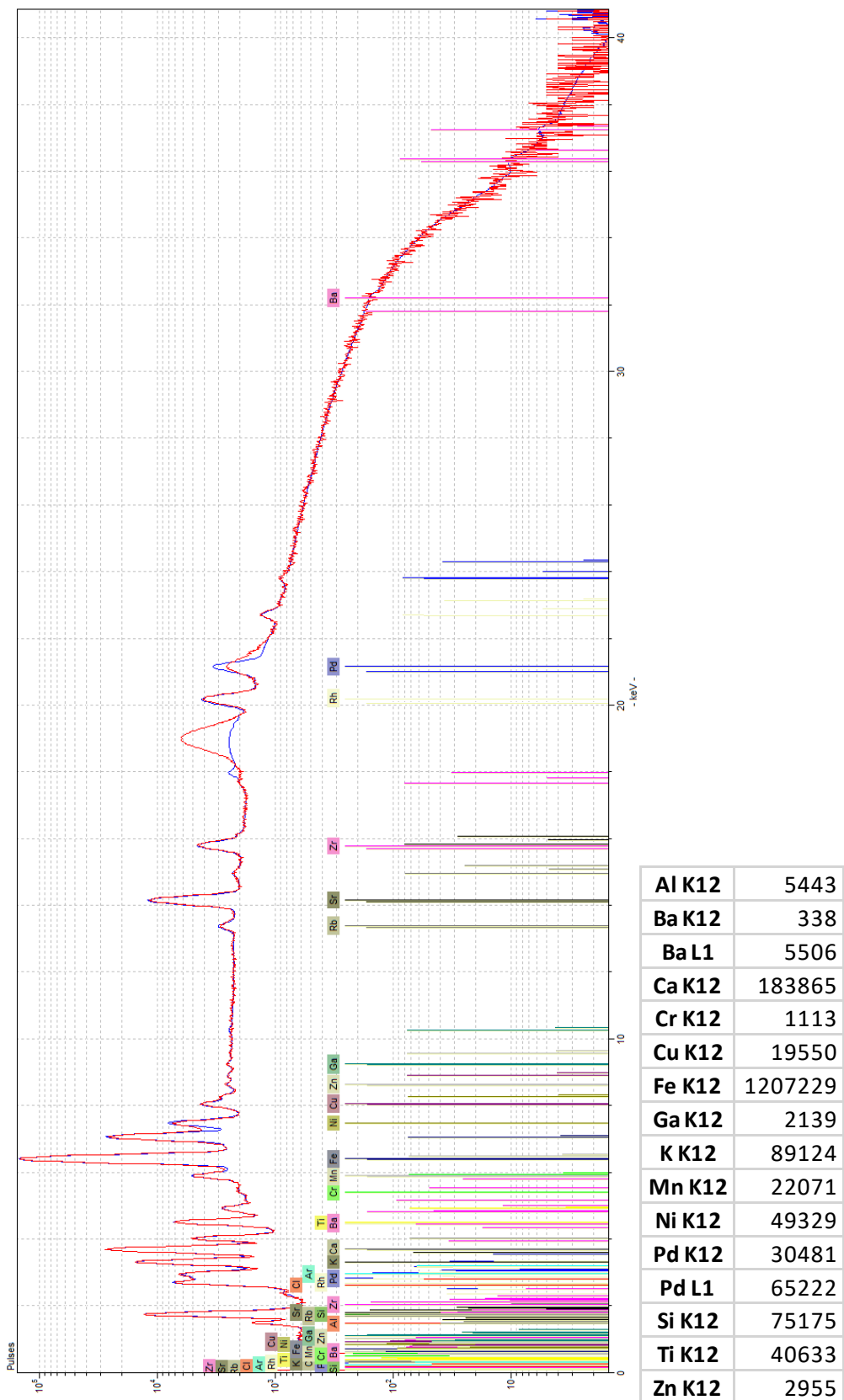


Figura 0-24: Gráfico de ubicación de muestras.

C. ANEXO: REPORTES DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES

- I. Fluorescencia de Rayos X XRF**
- II. Petrografía microscópica**
- III. Microscopia electrónica de barrido SEM/EDS**
- IV. Espectroscopia Micro-Raman Confocal MRS**
- V. Difracción de rayos X XRD**
- VI. Espectroscopia Infrarrojo por Transformada de Fourier – Reflectancia Total Atenuada FT-IR/ATR**
- VII. Cromatografía de gases – espectrometría de masas py-GC/MS**

I. FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORTATIL h-XRF



Fluorescencia de Rayos X por energia dispersiva EDXRF

Z	Formula	Evaluation	Line Name	Concentrat	Stat Error	LLD	I net	I gross
11	Na2O	XRF	Na KA1/HR	4,67%	±0,0600	1504	133,33	228,69
12	MgO	XRF	Mg KA1/HR	3,22%	±0,0300	784	336,46	447,62
13	Al2O3	XRF	Al KA1/HRC	17,50%	±0,0361	1061	2935,8	3062,9
14	SiO2	XRF	Si KA1/HRC	57,30%	±0,0371	1108	28427	28692
15	P2O5	XRF	P KA1/HRC	0,29%	±0,00382	89,7	287,63	788,26
16	S	XRF	S KA1/HRC	192 PPM	±0,00123	26,9	32,604	241,79
19	K2O	XRF	K KA1/HRC	1,58%	±0,0408	951	91,614	259,98
20	CaO	XRF	Ca KA1/HRC	5,55%	±0,0333	914	638,13	794,5
22	TiO2	XRF	Ti KA1/HRC	0,79%	±0,0115	293	132,06	211,68
26	Fe2O3	XRF	Fe KA1/HRC	5,98%	±0,00870	255	6752,5	6822,6
37	Rb	XRF	Rb KA1/HR	45 PPM	±2,45	5,21	109,68	1375,8
38	Sr	XRF	Sr KA1/HRC	883 PPM	±3,32	8,23	2119,5	3602,3
39	Y	XRF	Y KA1/HRC	9 PPM	±2,71	5,79	53,889	2775,3
40	Zr	XRF	Zr KA1/HRC	117 PPM	±3,32	7,49	654,17	2743,6
41	Nb	XRF	Nb KA1/HR	9 PPM	±2,78	5,9	25,21	2957
56	Ba	XRF	Ba KA1/HR	681 PPM	±78,5	137	23,329	748,13
90	Th	XRF	Th LA1/HRC	7 PPM	±3,40	7,11	5,0232	2195,7
24	Cr	XRF	Cr KA1/HRC	117 PPM	±26,3	34,4	9,4294	151,97
27	Co	XRF	Co KA1/HR	24 PPM	±3,99	10,8	219,54	284,52
28	Ni	XRF	Ni KA1/HRC	26 PPM	±3,63	7,98	7,0484	43,772
29	Cu	XRF	Cu KA1/HR	43 PPM	±5,20	6,8	16,076	141,62
30	Zn	XRF	Zn KA1/HR	69 PPM	±5,98	3,56	17,33	60,738
31	Ga	XRF	Ga KA1/HR	25 PPM	±4,88	6,28	10,331	152,24
33	As	XRF	As KA1/HRC	5 PPM	±4,84	10,2	2,0224	163,18
82	Pb	XRF	Pb LB1/HR	20 PPM	±18,7	17,7	6,4939	1197,7
50	Sn	XRF	Sn KA1/HR	8 PPM	±28,1	39,5	-0,1936	231,67
23	V	XRF	V KA1/HRC	201 PPM	±54,2	74,1	13,918	135,94
92	U	XRF	U LA1/HRC	1 PPM	±0,241	0,51	10,534	1931,6
17	Cl	XRF	Cl KA1/HRC	45 PPM	±0,316	0,79	534,96	944,99
25	Mn	XRF	Mn KA1/HF	0,14%	±30,0	23,6	50,521	148,02

II. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA – HIPOGEO AR-44

INFORMACIÓN GENERAL

N° Muestra: AR-44

Para la descripción petrográfica se seleccionó una muestra representativa del soporte pétreo del Hipogeo AR-44, ubicado en el Alto del Aguacate, Parque Arqueológico de Tierradentro. La muestra fue tomada de una zona del techo del hipogeo con desprendimientos de sustrato rocoso del hipogeo, con unas medidas aproximadas de 27 x 46 x 10 mm.

La muestra fue analizada con una lupa estereoscópica Olympus SZ61 y un microscopio óptico Olympus BX41, con fuente de luz transmitida, en el Laboratorio Petrográfico del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. La lámina delgada fue elaborada en el laboratorio MinerLab Ltda., Bogotá.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca ígnea volcánoclastica de color gris claro a verde, con textura piroclástica, constituida por fenocristales de feldespato, anfíbol, biotita y fragmentos de rocas máficas, con tamaños menores a 1 mm, inmersos en una matriz afanítica.

La roca presenta reacción negativa a la acción del HCl.

La roca presenta una porosidad promedio del 15%. La muestra estudiada puede fragmentarse fácilmente, debido al alto grado de porosidad que presenta, permitiendo mayor grado de alteración en la composición de sus materiales.



Fotografía 1. AR-44. Roca ígnea volcánoclastica.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: porfídica inequigranular, definida por fenocristales de plagioclasa, hornblenda, piroxeno, biotita, cuarzo y fragmentos líticos de composición ígnea y metamórfica.

Otras texturas secundarias: glomerofídica

Cristalinidad: hipocristalina. La relación es fenocristales de 40% y matriz de 60%.

Porosidad: 15 a 20 % aproximadamente.

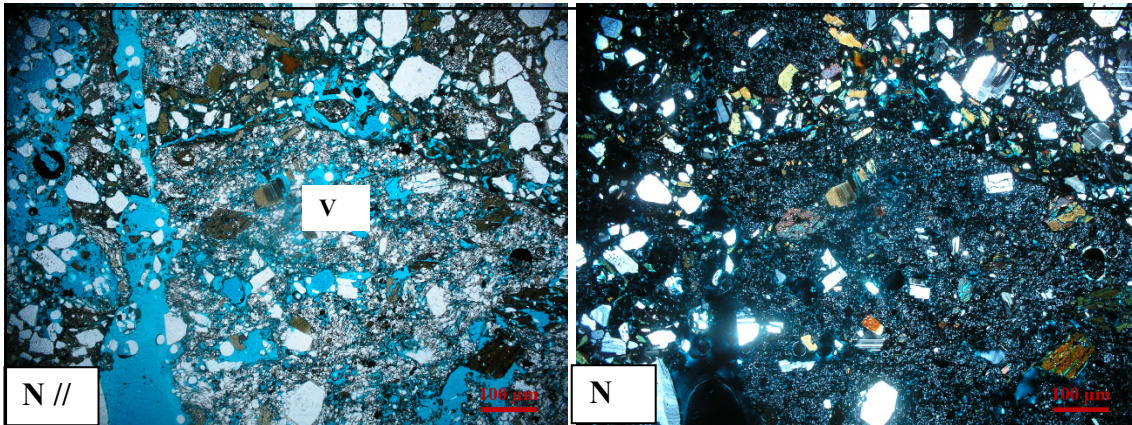
Composición mineralógica:

MINERALES PRINCIPALES	%	DESCRIPCIÓN
Plagioclasa	17	Cristales con formas euhedrales a subhedrales, con tamaños aproximados de 0.5 mm, y como microfenocristales desde 50 µm a 200 µm) como constituyente de la matriz. La plagioclasa presenta lamelas de exolución y maclas polisintéticas. Presenta una alteración parcial a sericita. Composición de albita según el método de Michel-Levy
Hornblenda	10	Cristales de color verde con formas euhedrales a subhedrales, con tamaños aproximados de 0.5 mm, y como microfenocristales de 100 µm a 200 µm. Los cristales exhiben formas tabulares y romboédricas.
Piroxeno	4	Cristales de color amarillo con formas euhedrales a subhedrales, con tamaños aproximados entre 100 y 200 µm.
MINERALES ACCESORIOS		DESCRIPCIÓN
Biotita	2	Cristales de color marrón con formas euhedrales a subhedrales, con tamaños de 0.2 mm a 0.5 mm.
Cuarzo	2	Cristales subredondeados a subangulares, con tamaños entre 0.1 a 1 mm. Se encuentra como cristal y como componente de los fragmentos líticos.
LÍTICOS		DESCRIPCIÓN
Ígneos	5	Presenta formas angulosas a subangulosas, con tamaños de hasta 2 mm, que corresponden a fragmentos ígneos volcánicos de composición intermedia (posiblemente andesita) y fragmentos metamórficos.
VIDRIO VOLCÁNICO		DESCRIPCIÓN
Como matriz	60	Matriz vítrea

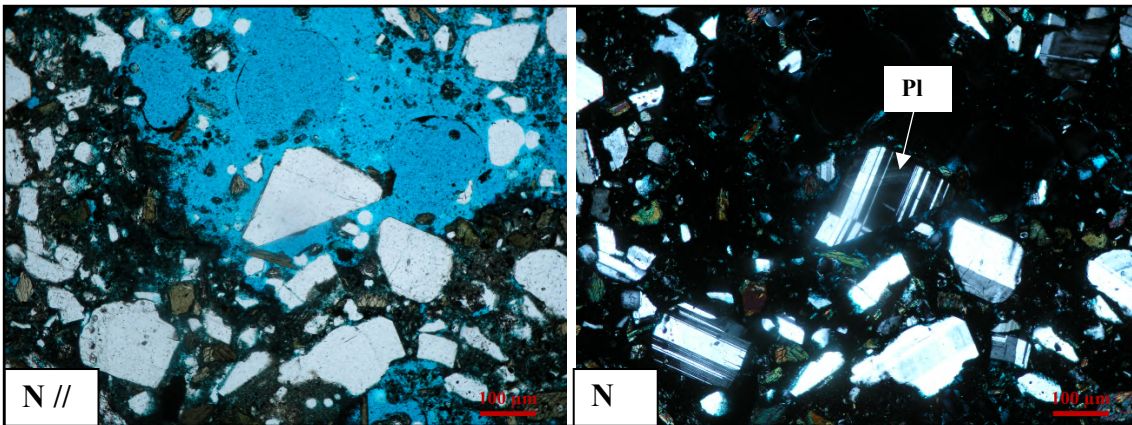
Clasificación composicional según Schmid (1981): Toba Vítreo.

Clasificación granulométrica según Schmid (1981): Toba de lapilli.

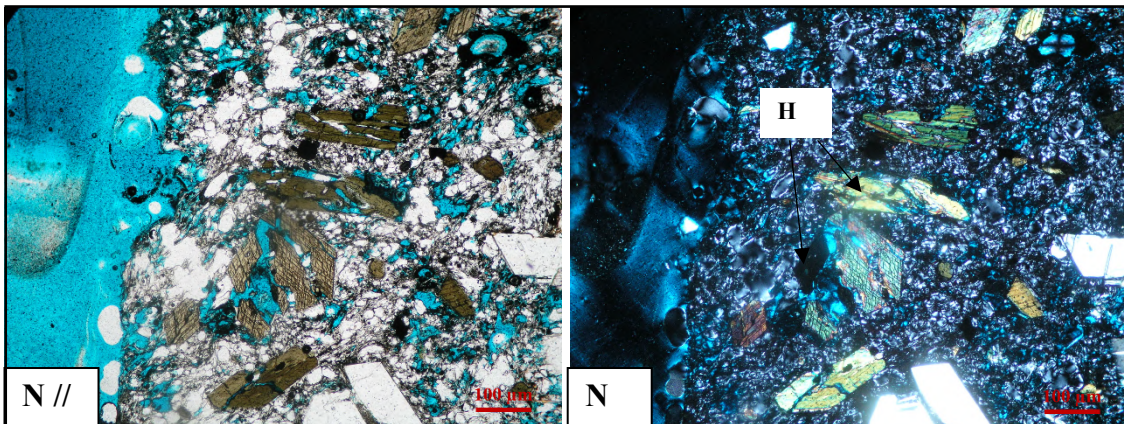
ANEXO FOTOGRÁFICO



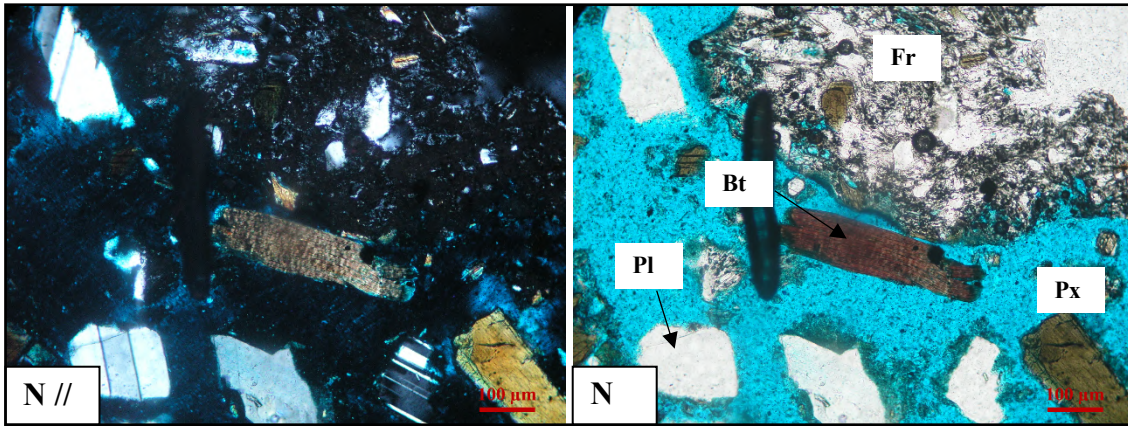
Fotografía 2. AR-44. Toba Vítreo con textura porfídica inequigranular. Aumento 1.25X. Nicoles paralelos (N//) y nicoles cruzados (N/). Cristales euhedrales a subhedrales contenidos en una matriz vítrea (Vd).



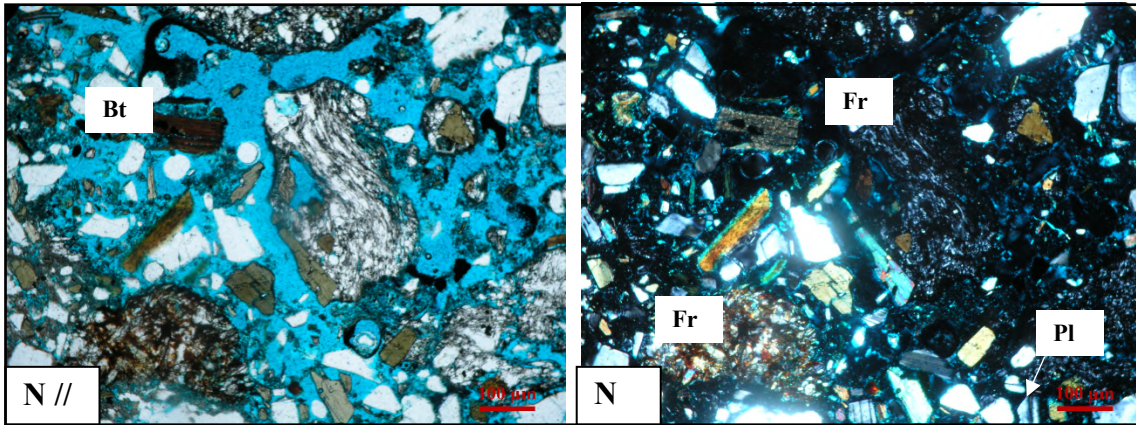
Fotografía 3. AR-44. Toba vítrea. Aumento 4X. Nicoles paralelos (N//) y nicoles cruzados (N/). Cristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa (Pl), contenidos en una matriz vítrea. Se observan las maclas polisintéticas en la albita.



Fotografía 4. AR-44. Toba vítrea. Aumento 4X. Nicoles paralelos (N//) y nicoles cruzados (N/). Cristales euhedrales a subhedrales de hornblenda (Hb), contenidos en una matriz vítrea.



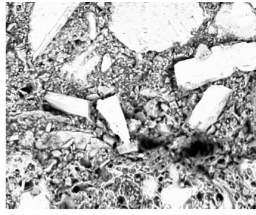
Fotografía 5. AR-44. Toba vítrea. Aumento 4X. Nicoles paralelos (N//) y nicoles cruzados (N//). Cristales euhedrales a subhedrales de biotita (Bt), plagioclasa (Pl), piroxeno (Px) y fragmento lítico (Fr), contenidos en una matriz vítrea.



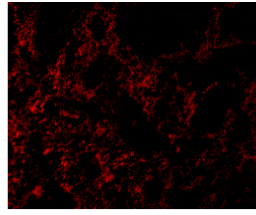
Fotografía 6. AR-44. Toba vítrea. Aumento 4X. Nicoles paralelos (N//) y nicoles cruzados (N//). Cristales euhedrales a subhedrales de biotita (Bt), plagioclasa (Pl), hornblenda (Hb) y fragmentos líticos (Fr), contenidos en una matriz vítrea.

III. MICROSCOPIA ELETRÓNICA DE BARRIDO /ESPECTROSCOPIA DE RAYOS X SEM/EDS

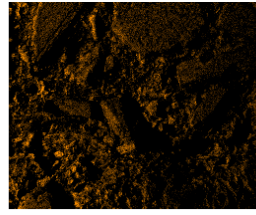
A-0 C1 NEGRO



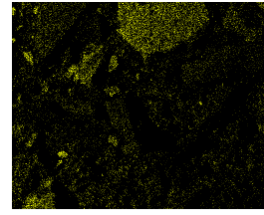
Electron Image 1



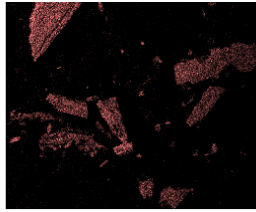
C Ka1_2



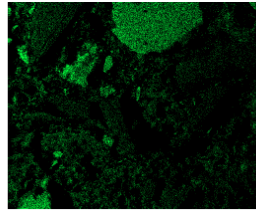
O Ka1



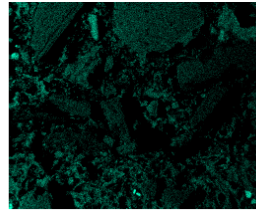
Na Ka1_2



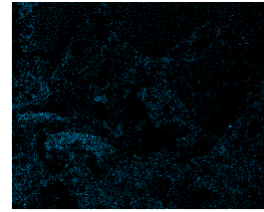
Mg Ka1_2



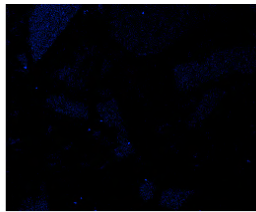
Al Ka1



Si Ka1



K Ka1



Ca Ka1

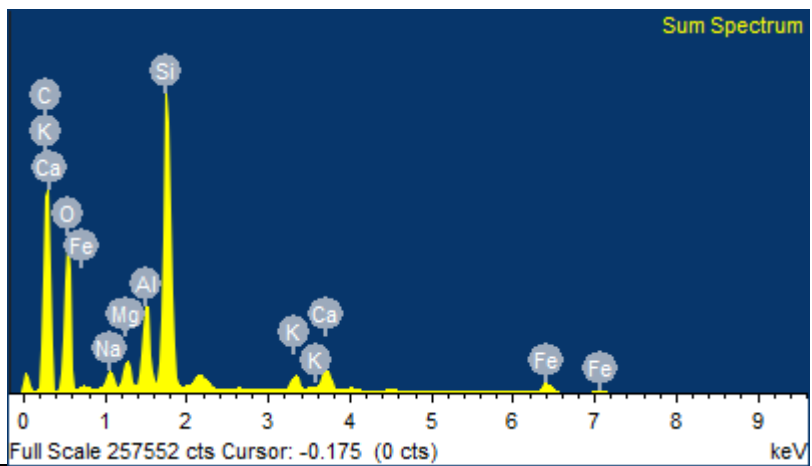


Fe Ka1

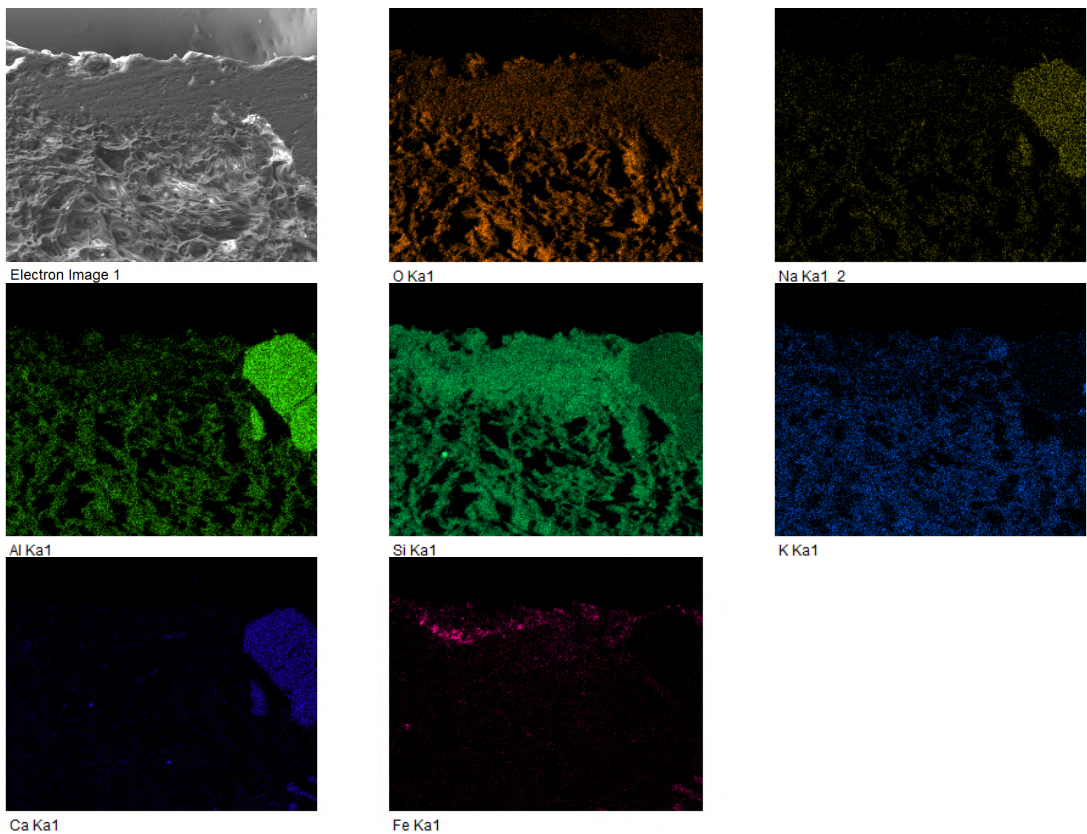
Comment: A0-C3 NEGRO Z3



Element	Weight%	Atomic%
C K	52.51	63.17
O K	32.83	29.65
Na K	0.68	0.43
Mg K	0.81	0.48
Al K	2.17	1.16
Si K	8.21	4.22
K K	0.56	0.21
Ca K	1.06	0.38
Fe K	1.17	0.30
Totals	100.00	



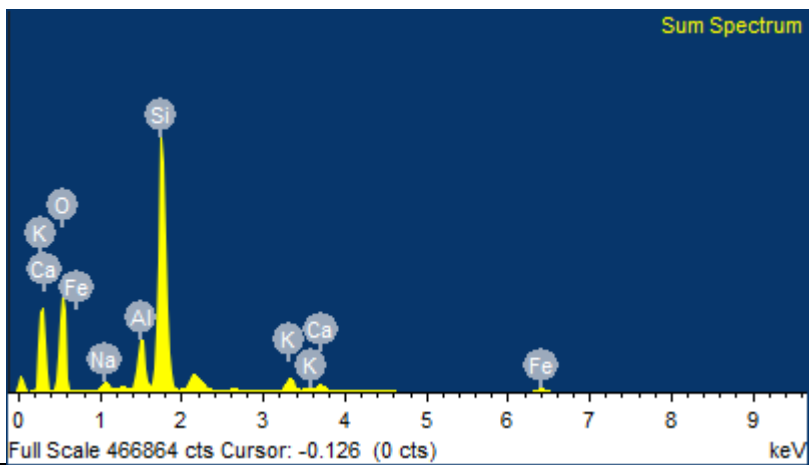
A-0 C2 ROJO



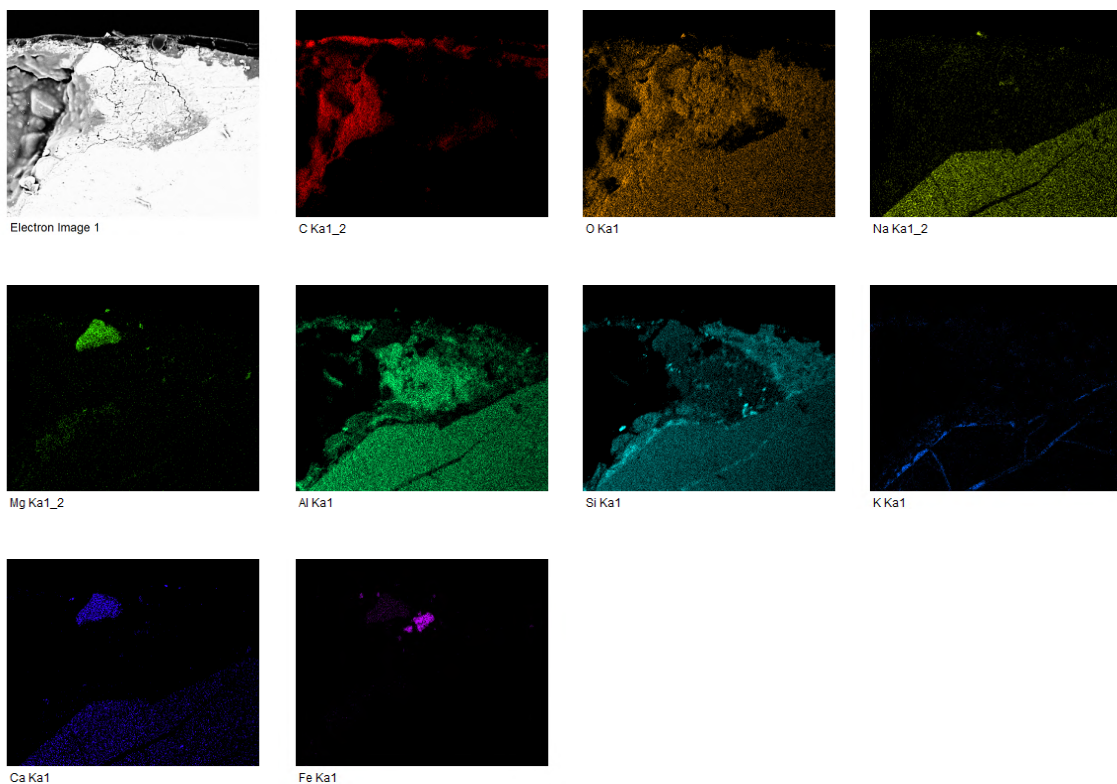
Comment: A-0 C2 ROJO Z2



Element	Weight%	Atomic%
O K	51.54	65.89
Na K	1.68	1.50
Al K	6.11	4.63
Si K	34.46	25.09
K K	2.62	1.37
Ca K	1.37	0.70
Fe K	2.22	0.81
Totals	100.00	



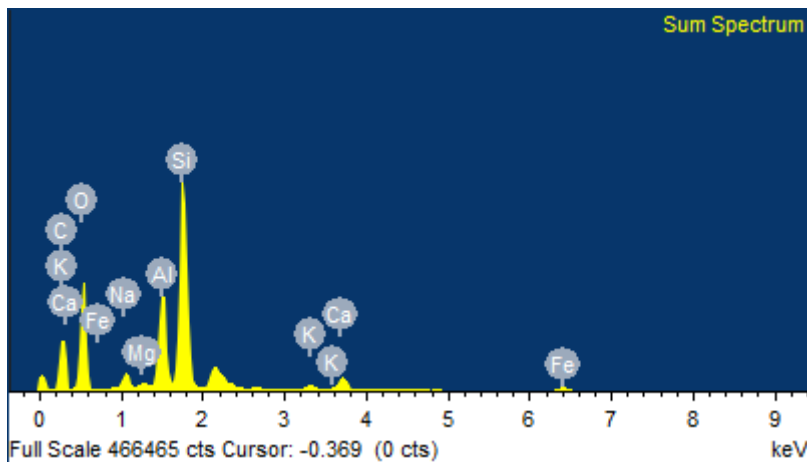
A-0 P3 BLANCO



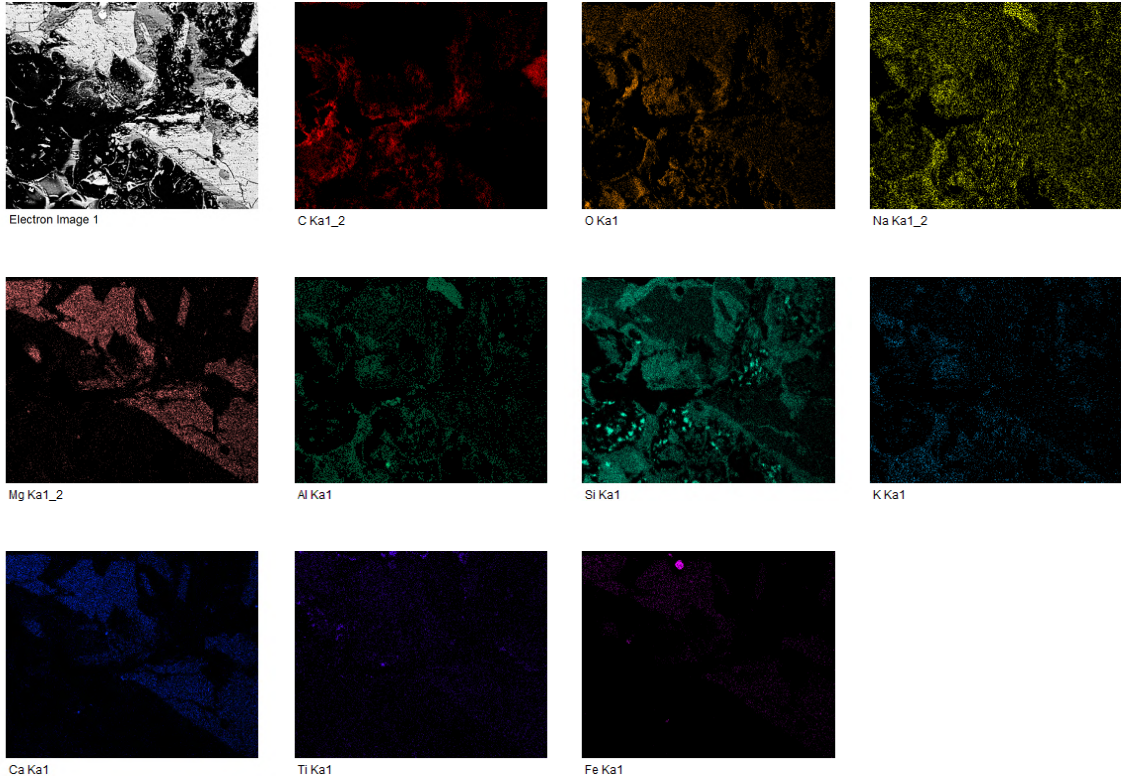
Comment: A-0 C3 BLANCO Z1



Element	Weight%	Atomic%
C K	38.26	49.33
O K	40.43	39.13
Na K	1.33	0.89
Mg K	0.18	0.11
Al K	5.15	2.96
Si K	12.21	6.73
K K	0.35	0.14
Ca K	1.17	0.45
Fe K	0.92	0.26
Totals	100.00	



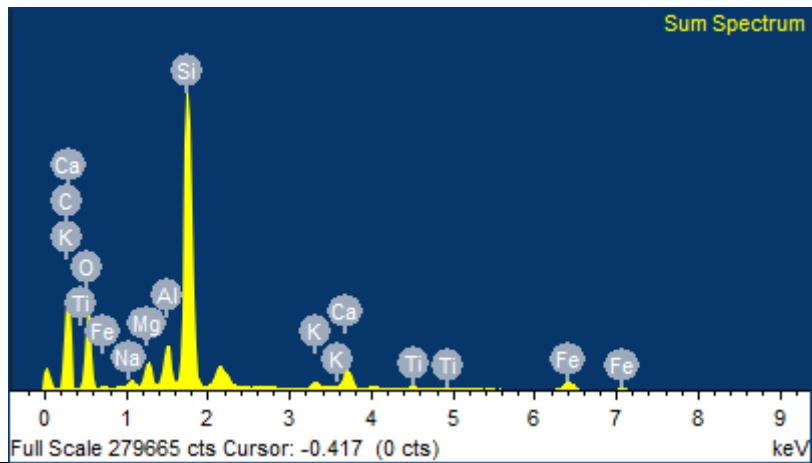
AR-38 C1 NEGRO

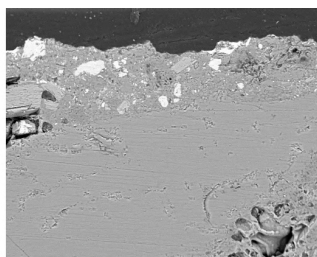


Comment: AR-38 C1 NEGRO Z4

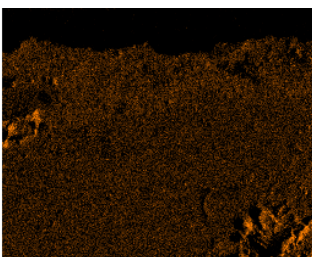


Element	Weight%	Atomic%
C K	47.16	59.35
O K	31.68	29.93
Na K	0.46	0.31
Mg K	1.21	0.76
Al K	1.78	1.00
Si K	13.63	7.34
K K	0.43	0.17
Ca K	1.47	0.56
Ti K	0.22	0.07
Fe K	1.94	0.53
Totals	100.00	

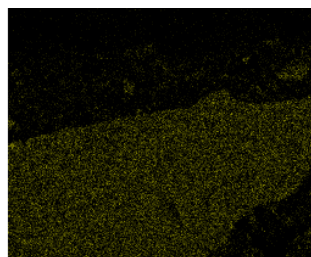




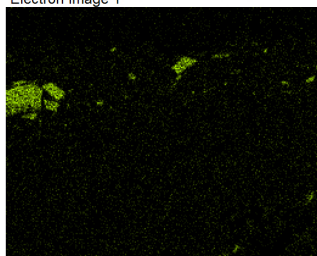
Electron Image 1



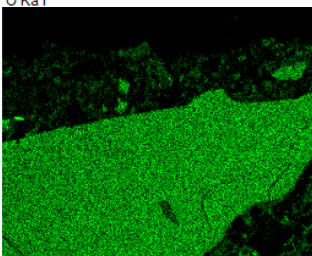
O Ka1



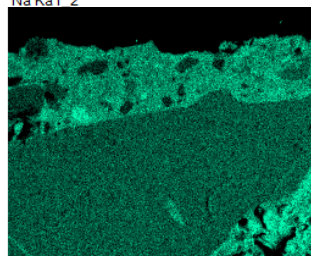
Na Ka1 2



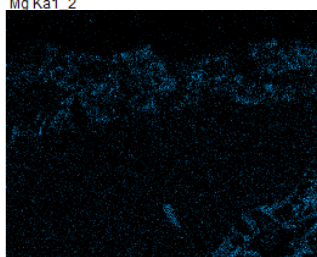
Mg Ka1 2



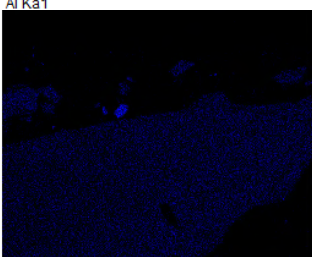
Al Ka1



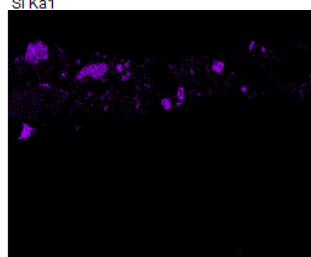
Si Ka1



K Ka1



Ca Ka1

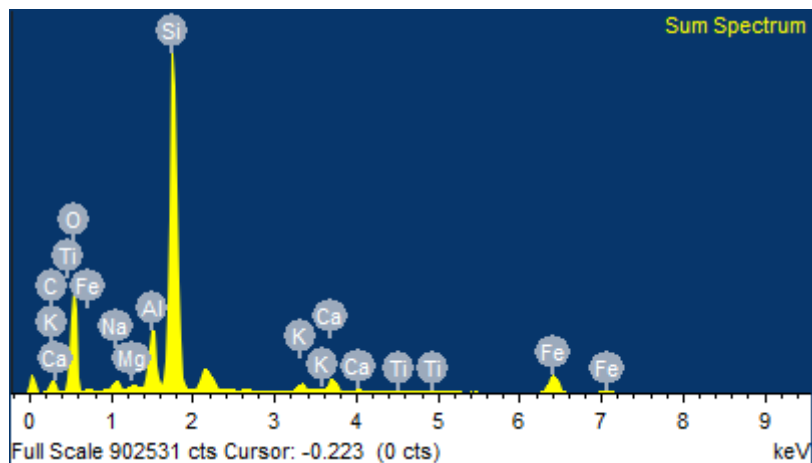


Fe Ka1

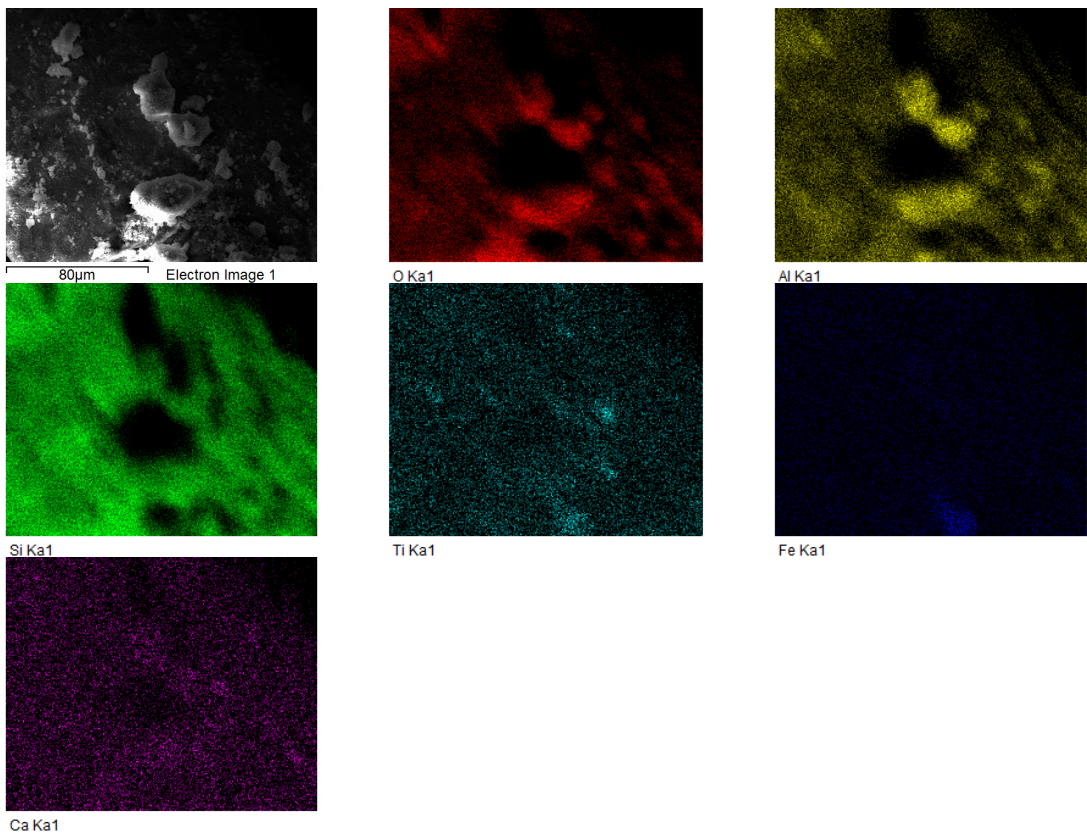
Comment: AR-38 C2 ROJO Z2



Element	Weight%	Atomic%
C K	14.98	23.55
O K	42.41	50.08
Na K	1.20	0.99
Mg K	0.35	0.28
Al K	4.49	3.14
Si K	27.68	18.62
K K	0.77	0.37
Ca K	1.65	0.78
Ti K	0.11	0.04
Fe K	6.37	2.15
Totals	100.00	



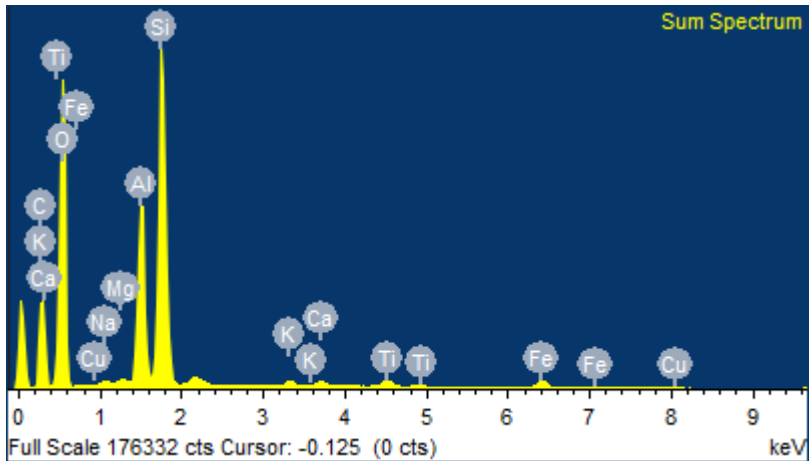
AR-38 P3 BLANCO



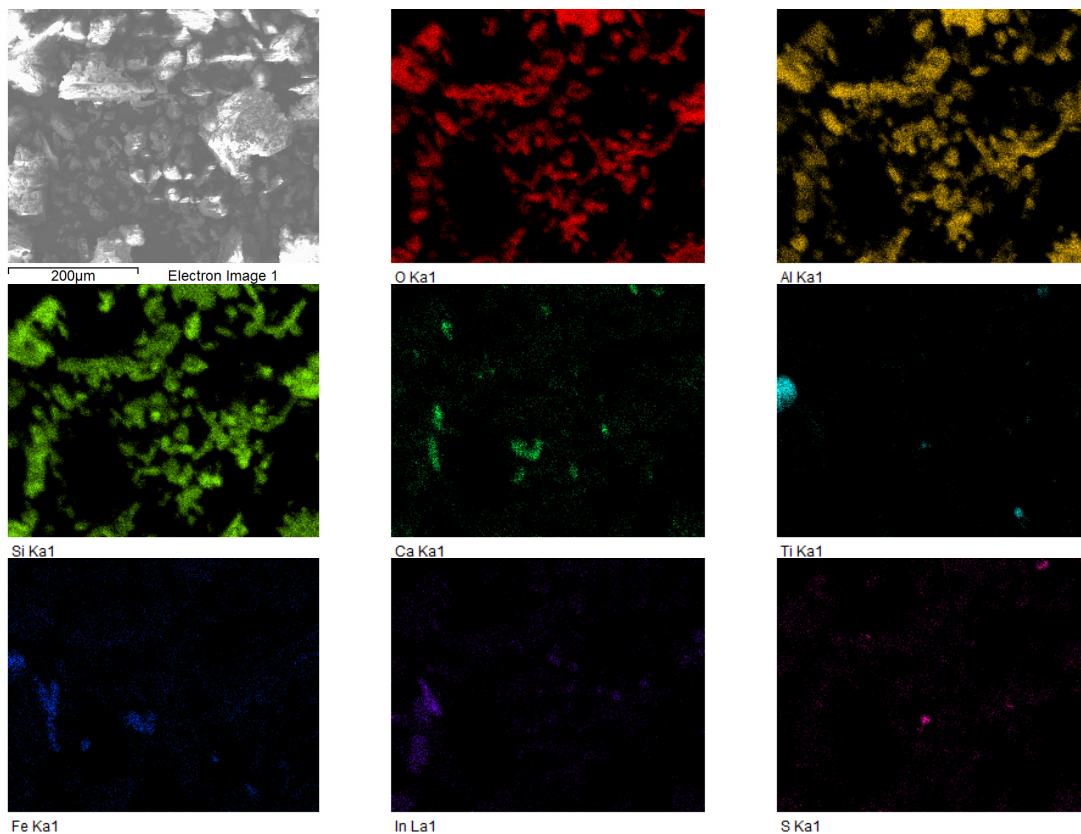
Comment: AR-38 P3 BLANCO Z3



Element	Weight%	Atomic%
C K	29.59	38.93
O K	51.36	50.72
Na K	0.18	0.12
Mg K	0.13	0.08
Al K	5.55	3.25
Si K	11.04	6.21
K K	0.18	0.07
Ca K	0.28	0.11
Ti K	0.46	0.15
Fe K	1.04	0.30
Cu K	0.18	0.05
Totals	100.00	



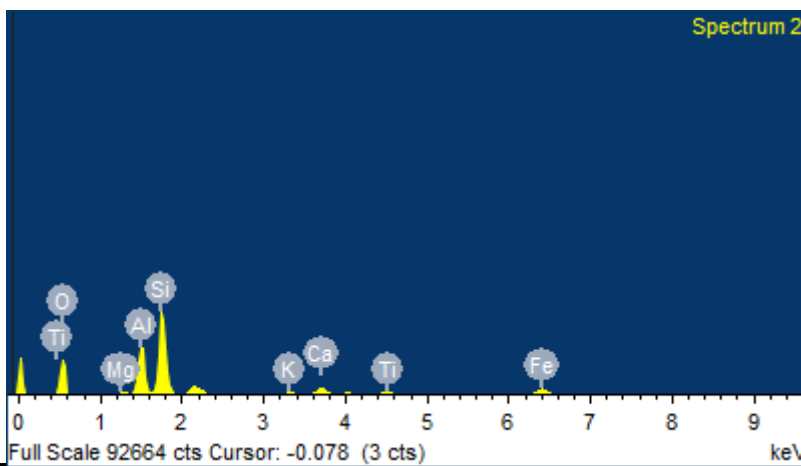
AR-38 P4 Rojo claro



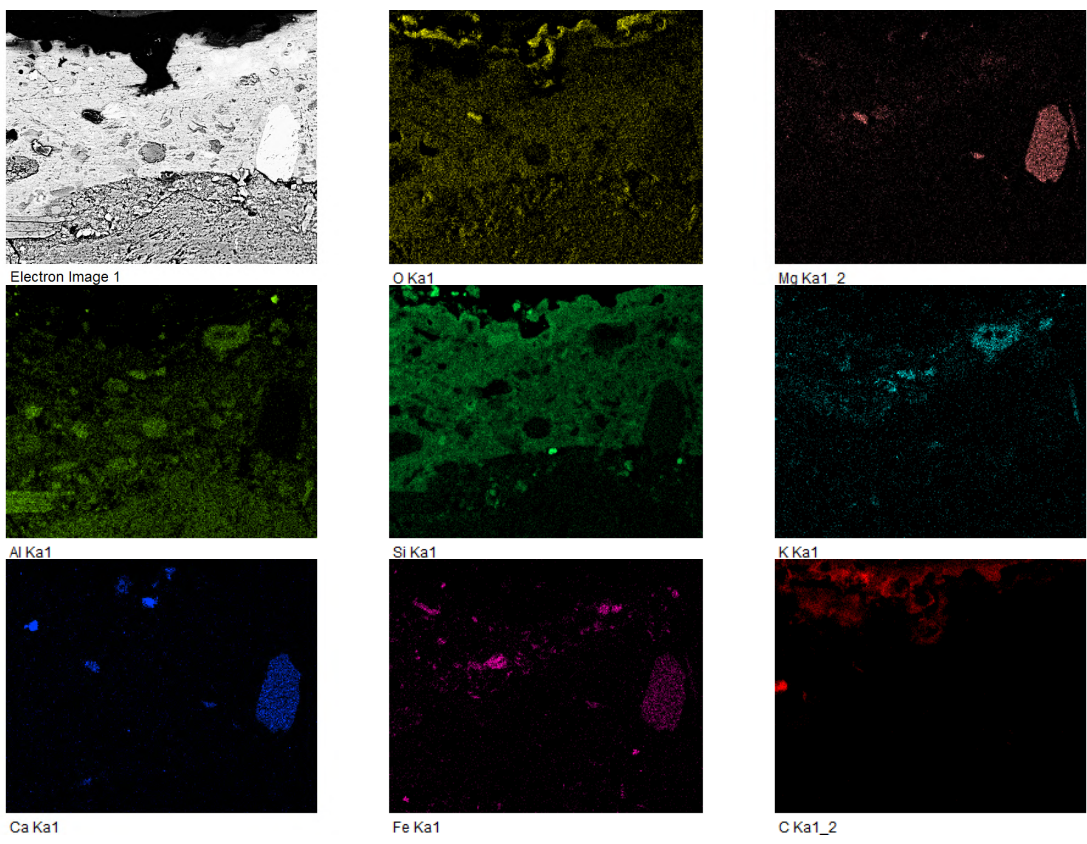
Comment: AR-38 P4 ROSA Z1



Element	Weight%	Atomic%
C K	3.08	5.38
O K	45.01	58.96
Na K	0.28	0.25
Mg K	0.31	0.27
Al K	13.19	10.24
Si K	27.11	20.23
K K	0.48	0.26
Ca K	2.69	1.41
Ti K	0.94	0.41
Fe K	6.92	2.60
Totals	100.00	



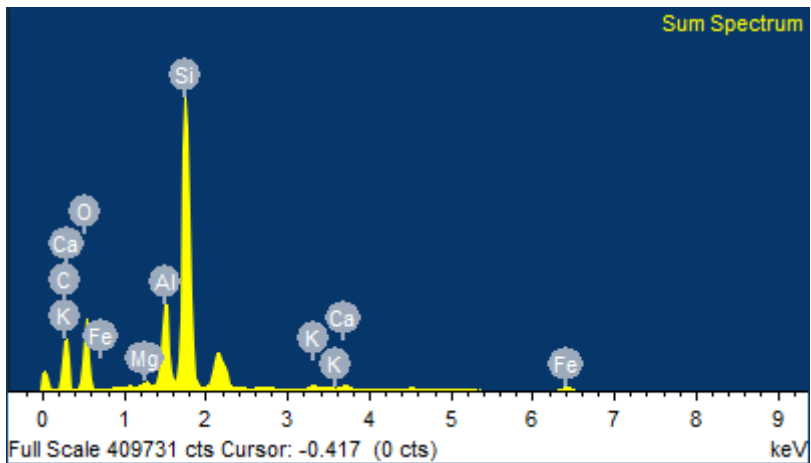
AR-44 C1 NEGRO



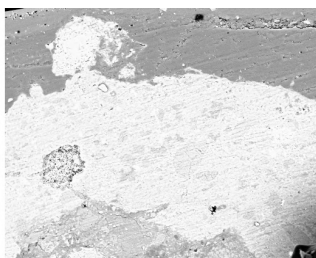
Comment: AR-44 C1 NEGRO Z3



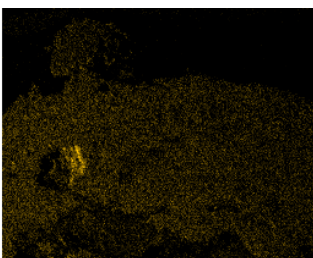
Element	Weight%	Atomic%
C K	44.47	56.74
O K	32.02	30.68
Mg K	0.26	0.16
Al K	4.54	2.58
Si K	17.06	9.31
K K	0.27	0.10
Ca K	0.38	0.14
Fe K	1.01	0.28
Totals	100.00	



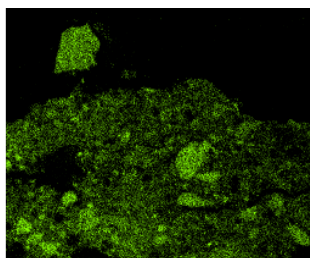
AR-44 C2 ROJO



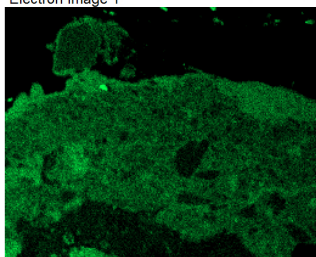
Electron Image 1



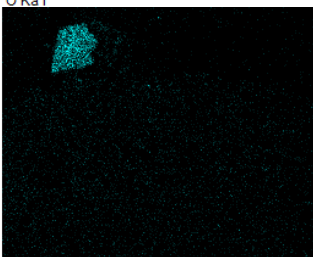
O Ka1



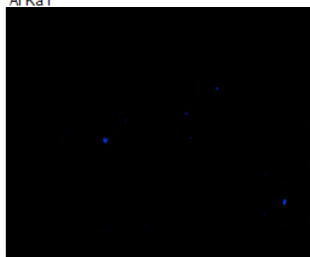
Al Ka1



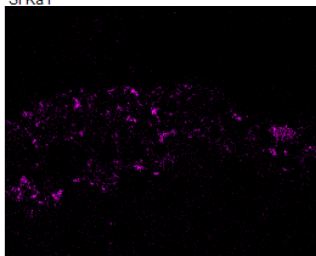
Si Ka1



Ca Ka1



Ti Ka1

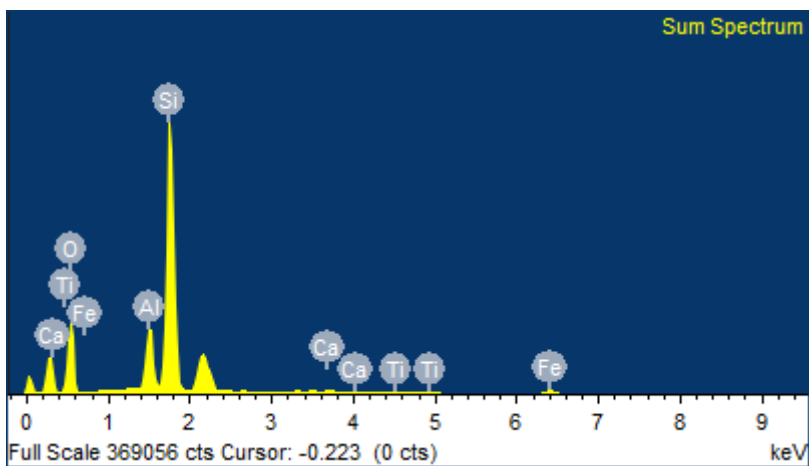


Fe Ka1

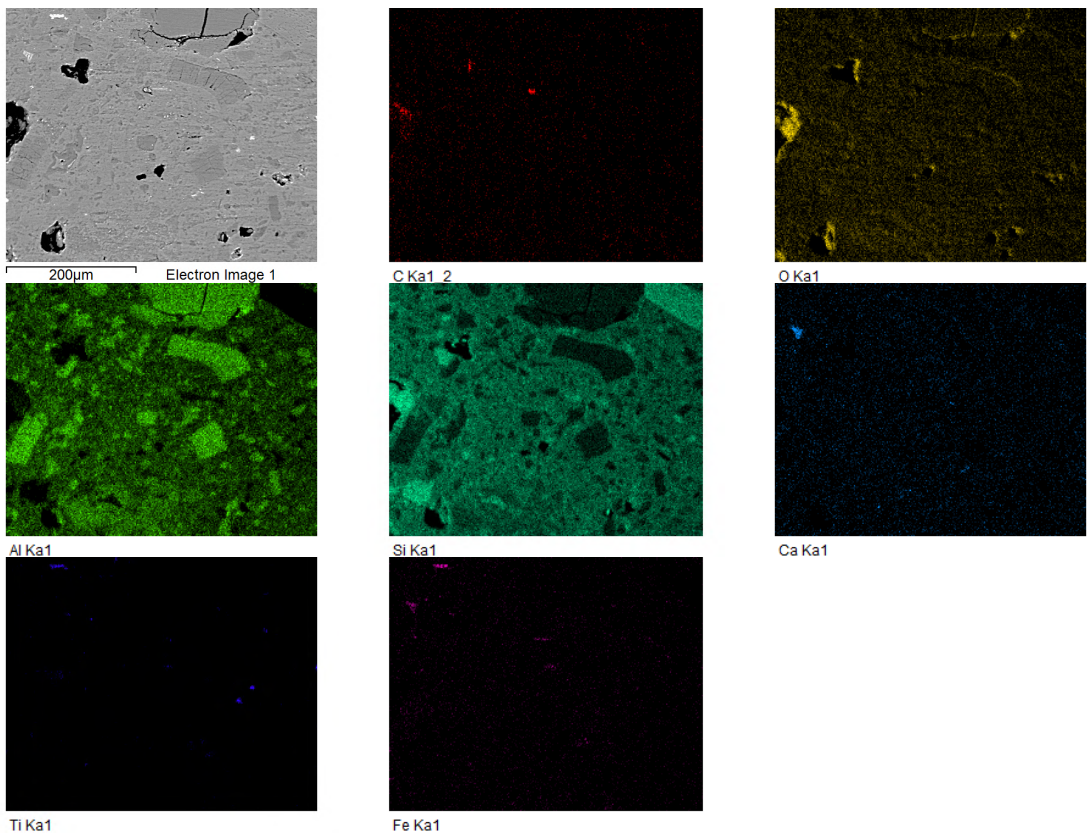
Comment: AR-44 C2 ROJO Z4



Element	Weight%	Atomic%
O K	47.43	61.78
Al K	8.26	6.38
Si K	41.18	30.56
Ca K	0.57	0.30
Ti K	0.39	0.17
Fe K	2.17	0.81
Totals	100.00	



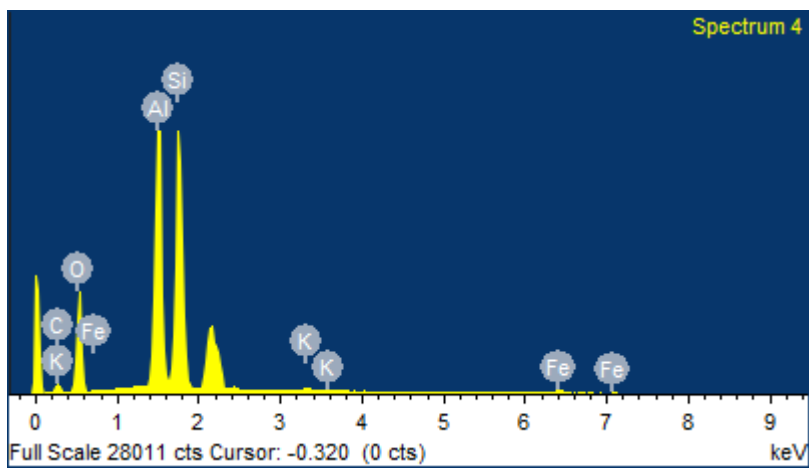
AR-44 CA1 BLANCO



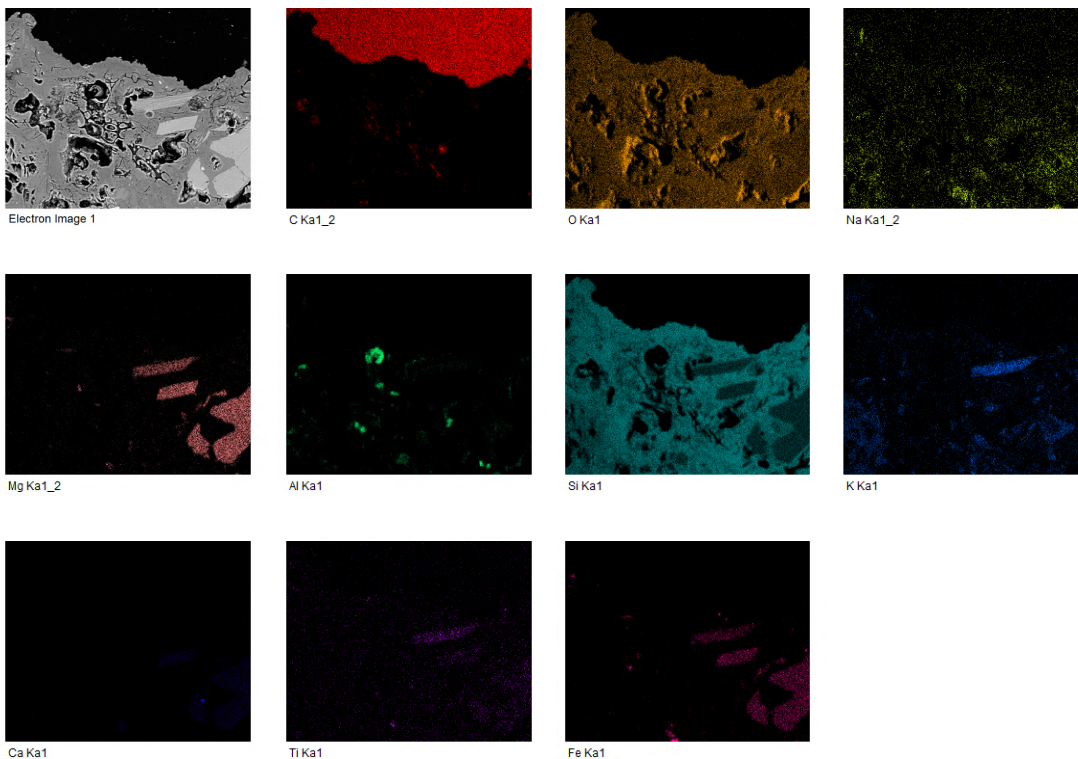
Comment: AR-44 CA1 BLANCO Z1



Element	Weight%	Atomic%
C K	12.70	20.05
O K	40.97	48.56
Al K	19.61	13.78
Si K	25.31	17.09
K K	0.30	0.14
Fe K	1.12	0.38
Totals	100.00	



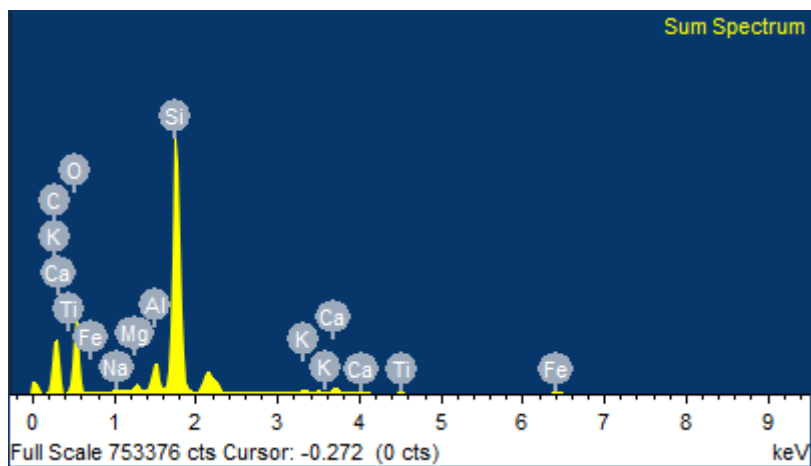
AR-50 C1 NEGRO

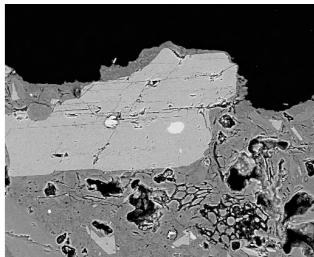


Comment: AR-50 C1 NEGRO Z3

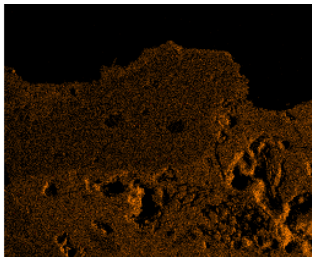


Element	Weight%	Atomic%
C K	43.13	54.47
O K	36.87	34.96
Na K	0.18	0.12
Mg K	0.44	0.27
Al K	1.61	0.91
Si K	16.23	8.77
K K	0.21	0.08
Ca K	0.54	0.21
Ti K	0.07	0.02
Fe K	0.73	0.20
Totals	100.00	

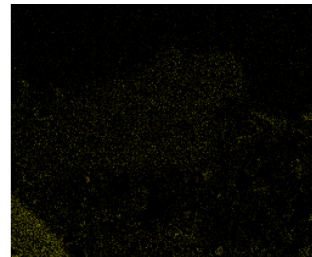




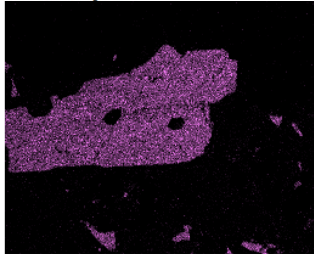
Electron Image 1



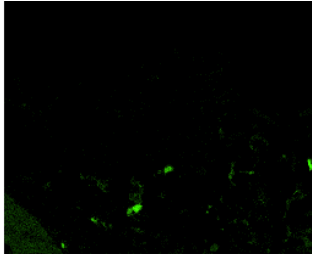
O Ka1



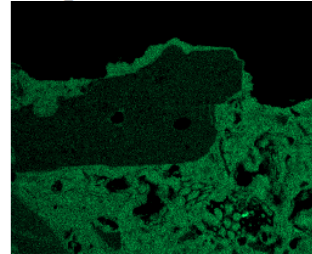
Na Ka1 2



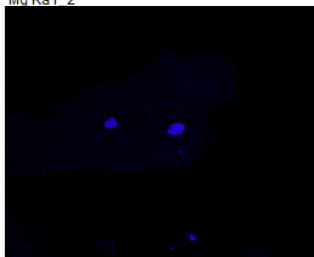
Mg Ka1 2



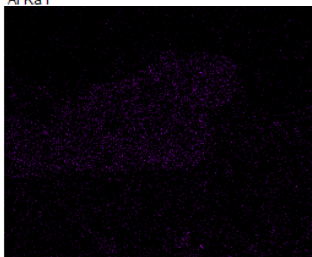
Al Ka1



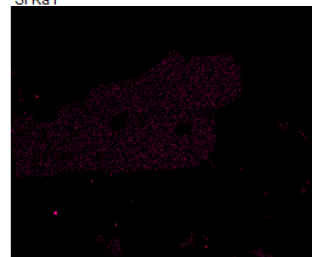
Si Ka1



Ca Ka1



Ti Ka1

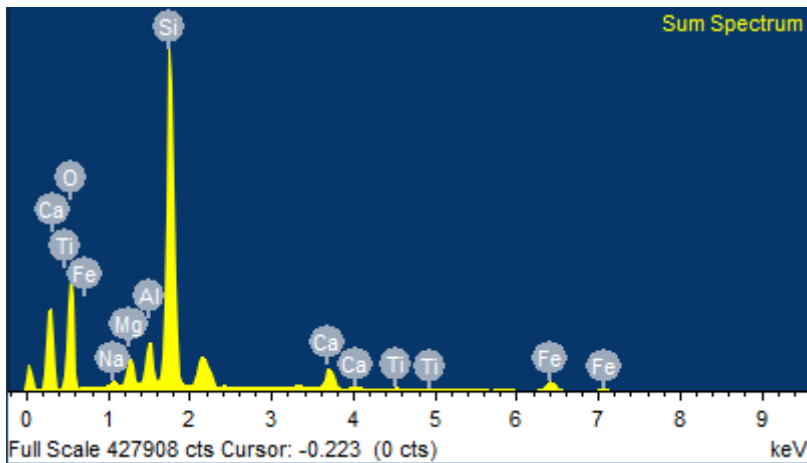


Fe Ka1

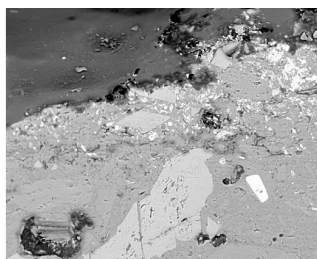
Comment: AR-50 C1 NEGRO Z1



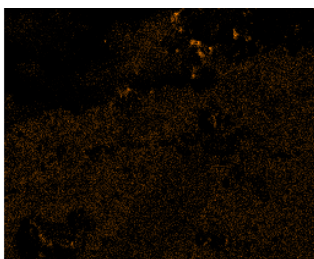
Element	Weight%	Atomic%
O K	50.20	64.99
Na K	0.74	0.67
Mg K	3.01	2.56
Al K	4.13	3.17
Si K	34.19	25.21
Ca K	3.46	1.79
Ti K	0.33	0.14
Fe K	3.94	1.46
Totals	100.00	



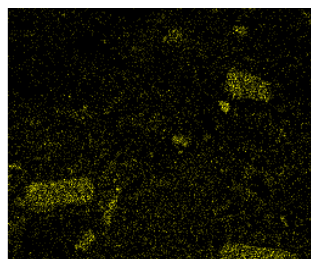
AR-50 C2 ROJO



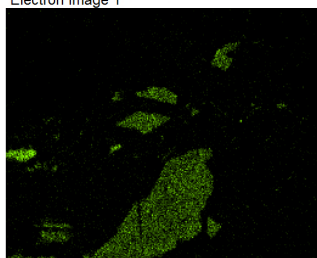
Electron Image 1



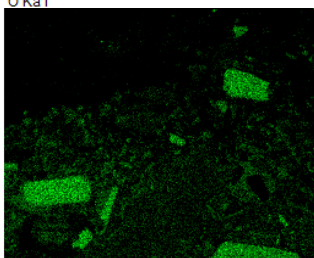
O Ka1



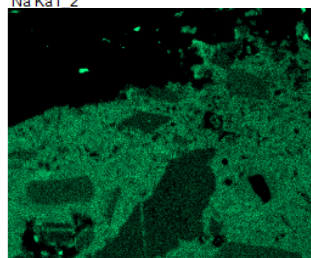
Na Ka1 2



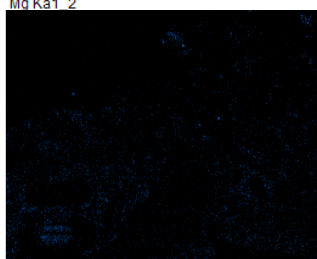
Mg Ka1 2



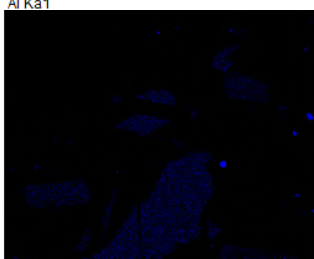
Al Ka1



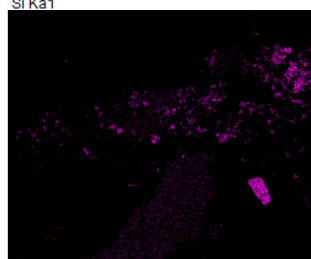
Si Ka1



K Ka1



Ca Ka1

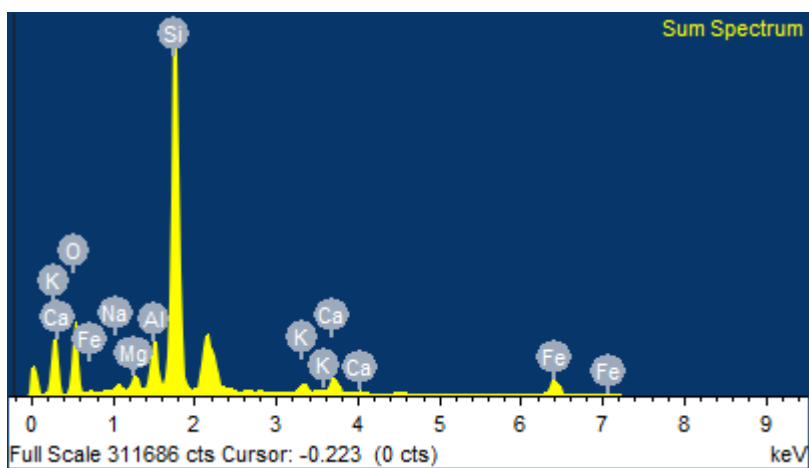


Fe Ka1

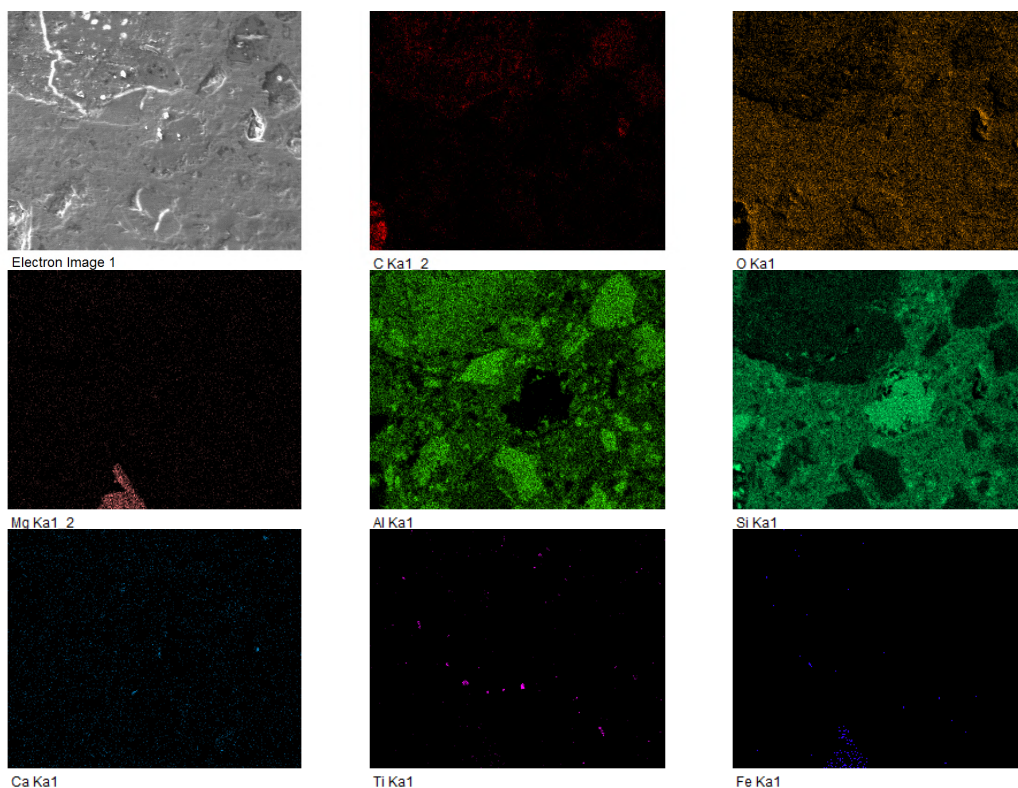
Comment: AR-50 C2 ROJO Z1



Element	Weight%	Atomic%
O K	37.96	53.58
Na K	1.12	1.10
Mg K	1.70	1.58
Al K	5.08	4.25
Si K	42.25	33.97
K K	1.37	0.79
Ca K	2.98	1.68
Fe K	7.54	3.05
Totals	100.00	



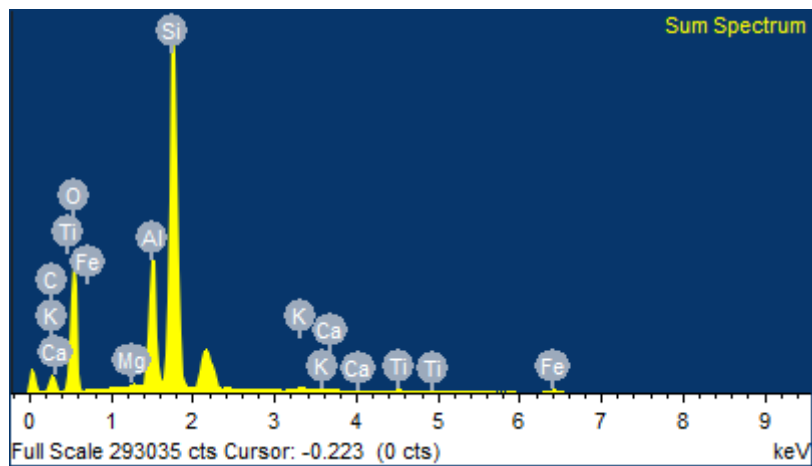
AR-50 C3 BLANCO



Comment: AR-50 C3 AMARILLO Z2

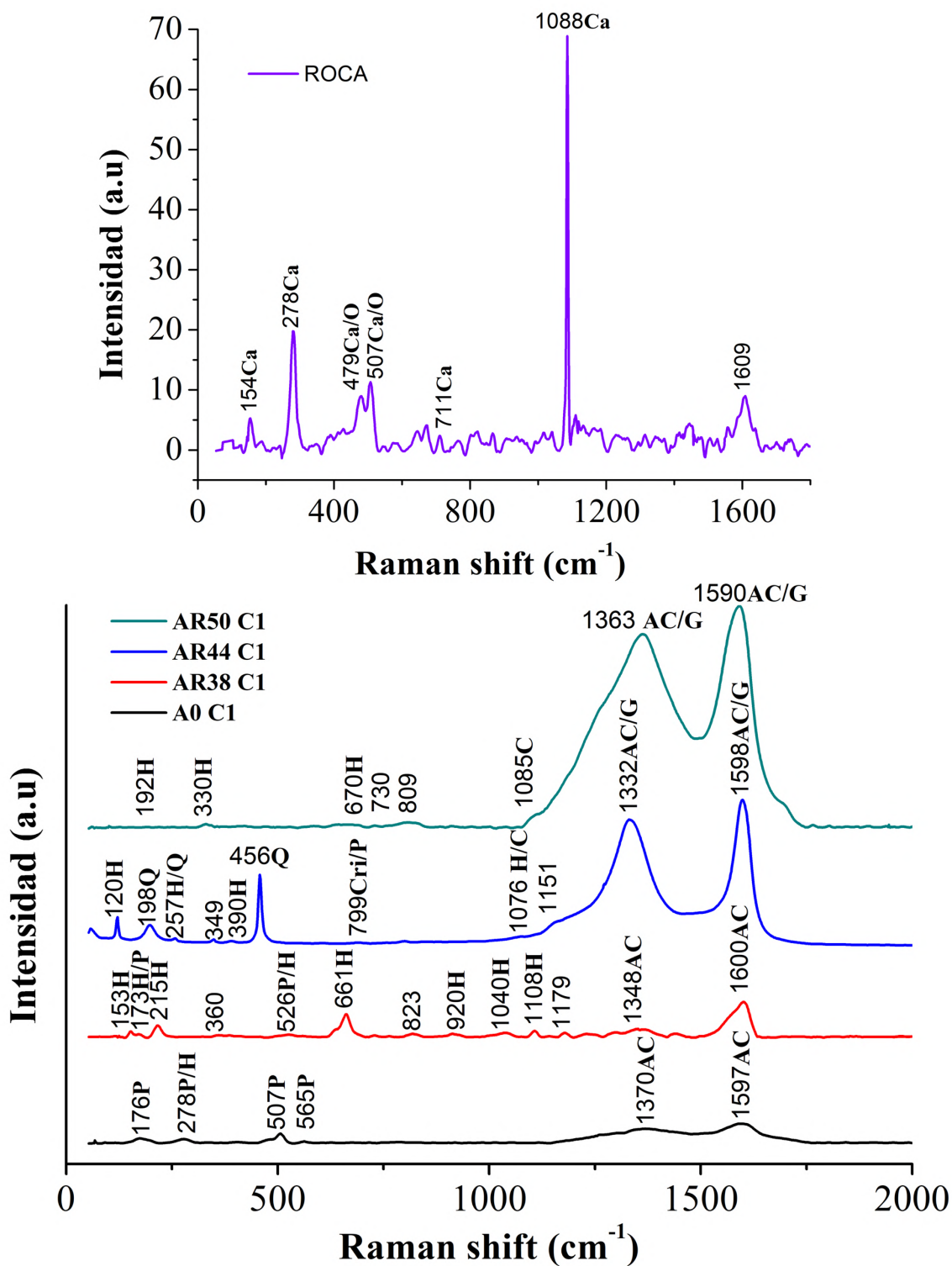


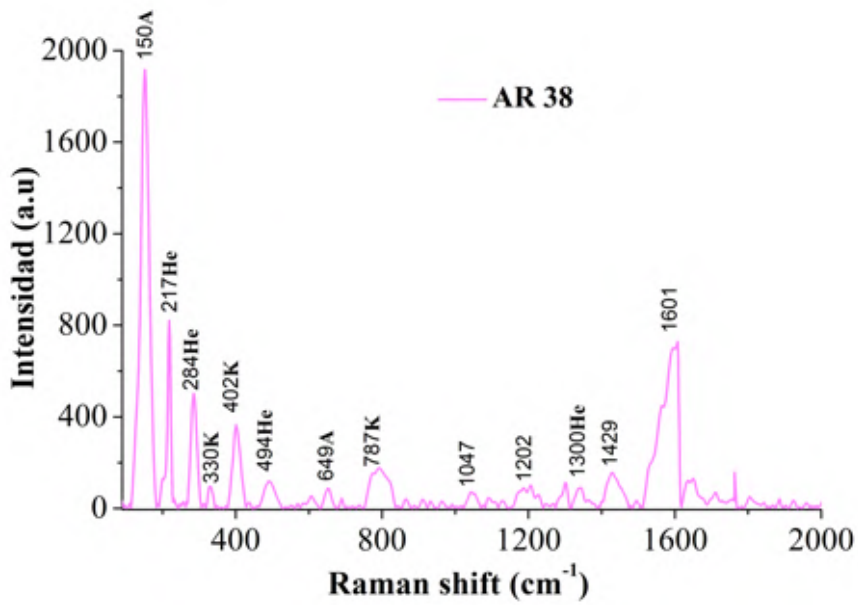
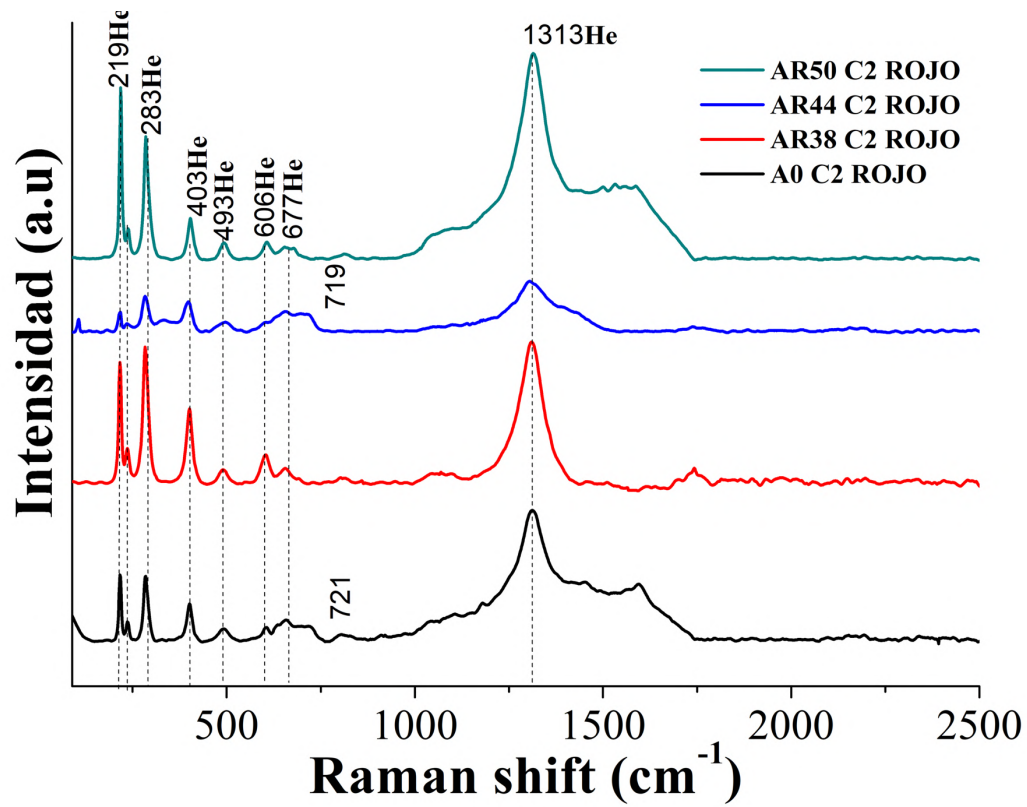
Element	Weight%	Atomic%
CK	9.52	15.06
OK	48.00	56.99
MgK	1.08	0.84
AlK	7.93	5.58
SiK	29.57	20.00
KK	0.91	0.44
CaK	0.25	0.12
TiK	0.67	0.27
FeK	2.07	0.70
Totals	100.00	

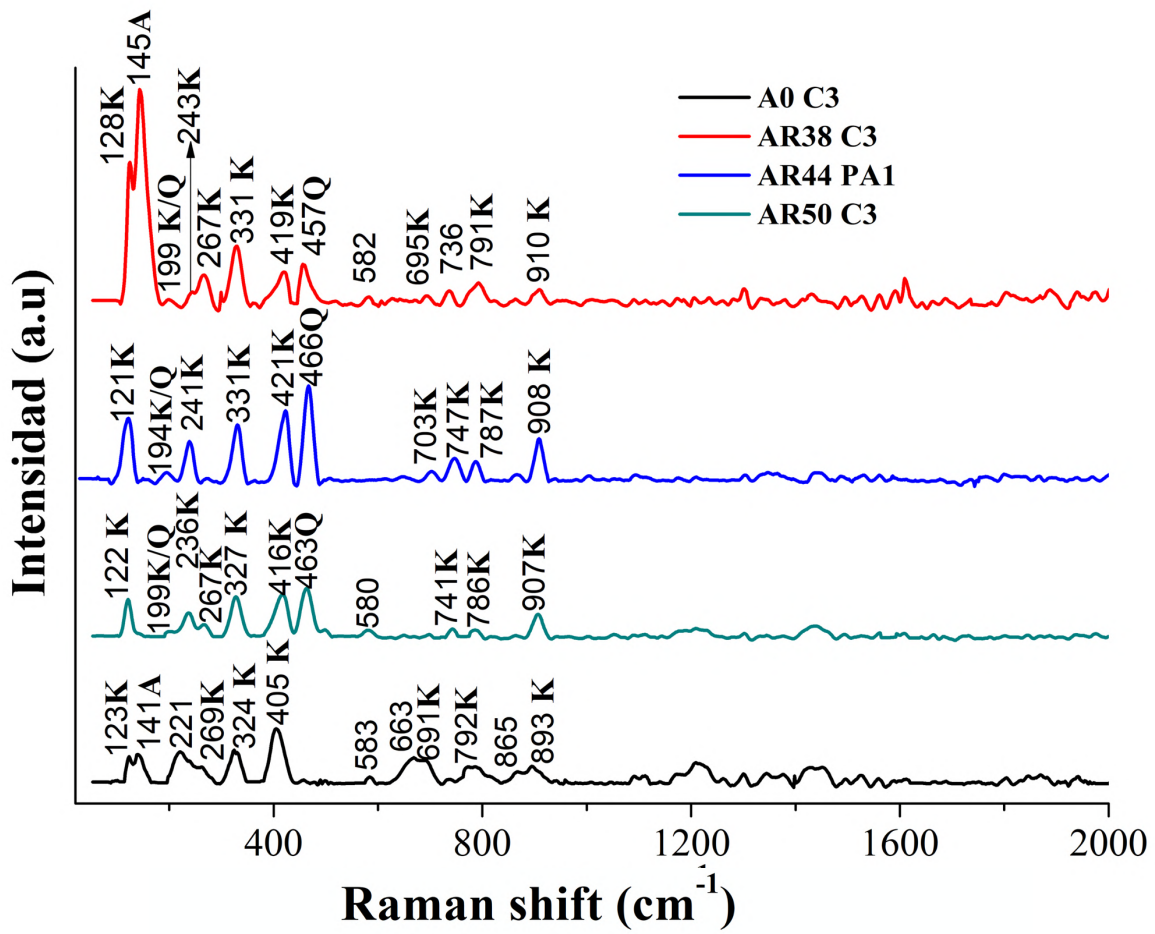


IV. ESPECTROSCOPIA RAMAN CONFOCAL RS

AR-44 C0 ROCA







V. DIFRACCIÓN DE RAYOS X XRD

Report

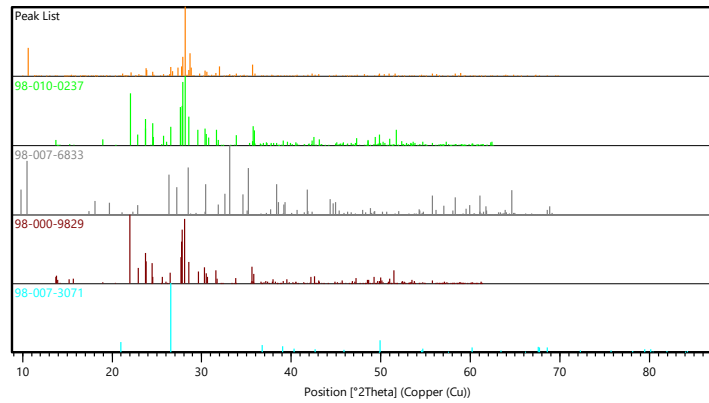
X'Pert HighScore

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name	A-0 P1 NEGRO-#2
File name	C:\Users\W\Downloads\DRX\DRX FALTANTES\A-0 P1
NEGRO-#2.xrdml	
Comment	Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM	
	Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size	Omega:0.001
	Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size	Phi:0.1
	Diffraction system=XPRT-PRO
date=10/13/2015 11:11:54 AM	Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
Measurement Date / Time	4/07/2019 2:48:15 p. m.
Operator	Universidad Nacional
Raw Data Origin	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	10,0066
End Position [°2Th.]	69,9886
Step Size [°2Th.]	0,0130
Scan Step Time [s]	57,3750
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
PSD Length [°2Th.]	3,35
Offset [°2Th.]	0,0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0,5000
Specimen Length [mm]	10,00
Measurement Temperature [°C]	25,00
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1,54060
Generator Settings	40 mA, 45 kV
Diffraction Type	0000000011019826
Diffraction Number	0
Goniometer Radius [mm]	240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	100,00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	Yes

Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-010-0237	26	Anorthite, sodian	0,000	0,372	Al1.66 Ca0.68 Na0.3 O8 Si2.34
*	98-007-6833	14	Hornblende, pargasitic	0,000	0,048	H2 Al2.32 Ca1.84 Fe1.11 Mg3.3 Na0.78 O24 Si6.23 Ti0.2
*	98-000-9829	22	Albite high	0,000	0,130	Al1 Na1 O8 Si3
*	98-007-3071	16	Quartz low	0,000	0,101	O2 Si1

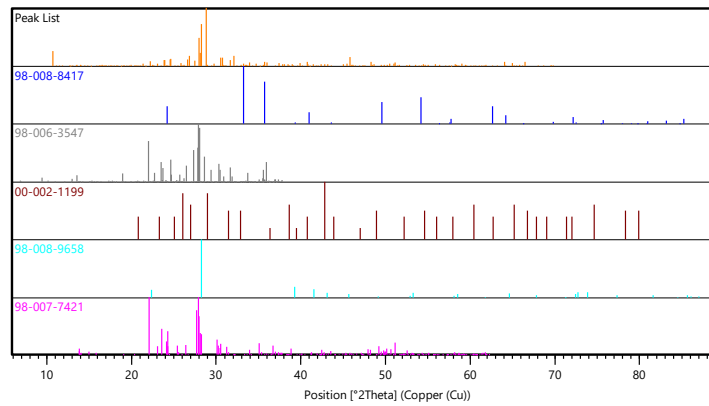
Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name A-0 P2 ROJO-#1
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\A-0 P2 ROJO-#1.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 4/07/2019 2:27:39 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [°2Th.] 10,0066
End Position [°2Th.] 69,9886
Step Size [°2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [°2Th.] 3,35
Offset [°2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [°] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [°C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [Å] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning Yes

Identified Patterns List: (Bookmark4)

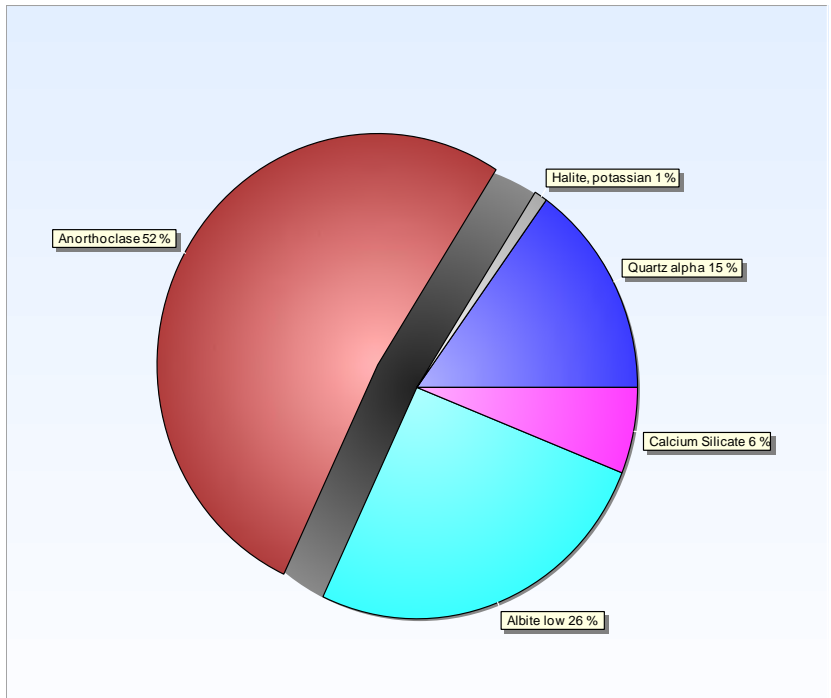
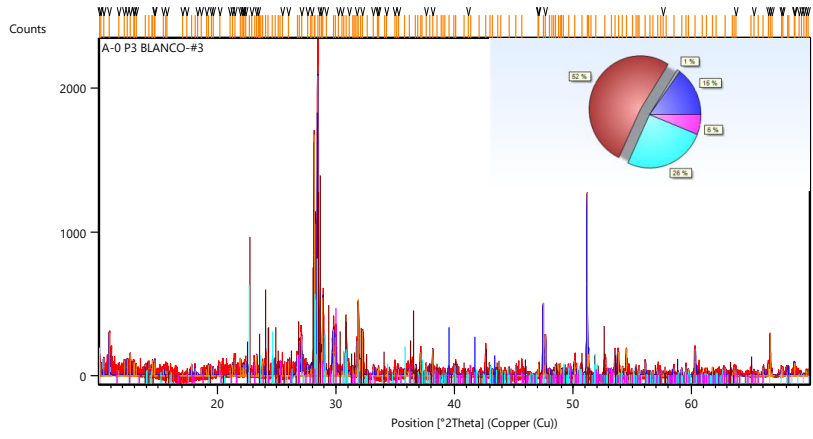
Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-008-8417	13	Hematite	0,000	0,030	Fe ₂ O ₃
*	98-006-3547	13	Anorthite	0,000	0,157	Al ₂ Ca _{0.71} Na _{0.25} O ₈ Si ₂
*	00-002-1199	5	Barium Sulfate	0,000	0,030	Ba S O ₄
*	98-008-9658	11	Quartz alpha	0,000	0,666	O ₂ Si ₁
*	98-007-7421	11	Albite low	0,000	0,307	Al ₁ Na ₁ O ₈ Si ₃

Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name A-0 P3 BLANCO-#3
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\DRX FALTANTES\A-0 P3
BLANCO-#3.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 4/07/2019 3:08:16 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [$^{\circ}$ 2Th.] 10,0066
End Position [$^{\circ}$ 2Th.] 69,9886
Step Size [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [$^{\circ}$ 2Th.] 3,35
Offset [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [$^{\circ}$ C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [\AA] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning Yes

Graphics: (Bookmark2)

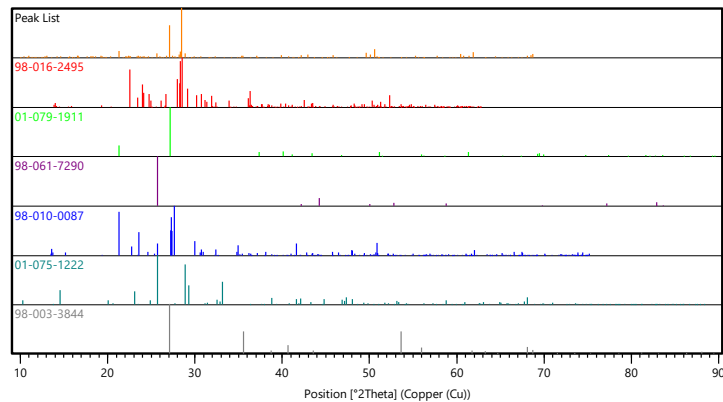


Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name AR44P1NEGRO# 2
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\AR44P1NEGRO# 2.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 1/08/2019 3:03:32 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [°2Th.] 10,0016
End Position [°2Th.] 69,9836
Step Size [°2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [°2Th.] 3,35
Offset [°2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [°] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [°C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [Å] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-016-2495	6	Anorthoclase	0,000	0,368	Al1.1 Ca0.1 K0.27 Na0.63 O8 Si2.9
*	01-079-1911	11	Silicon Oxide	0,000	0,446	Si O2
*	98-061-7290	18	Carbon	0,000	0,089	C1
*	98-010-0087	9	Orthoclase, sodian	0,000	0,097	Al1 K0.58 Na0.42 O8 Si3
*	01-075-1222	8	Calcium Sodium Aluminum Silicate Carbonate	0,000	0,082	(Ca3.4 Na0.64) (Al5.43 Si6.59) O24 (C O3) 0.88 O0.12
*	98-003-3844	10	Rutile	0,000	0,479	O2 Ti1

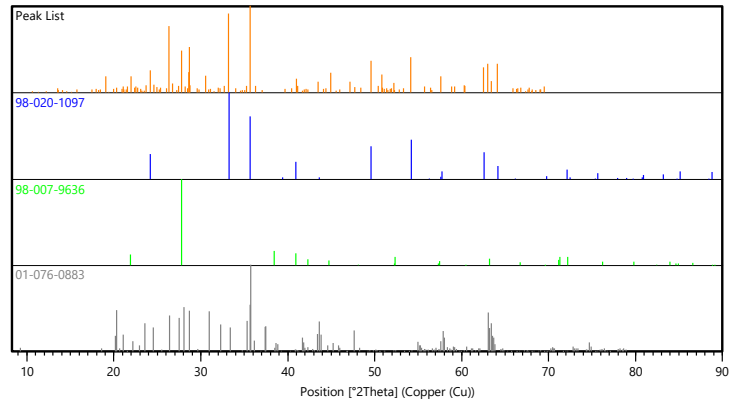
Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name AR44P2ROJO# 3
File name C:\Users\W\Downloads\AR44P2ROJO# 3.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 1/08/2019 3:24:06 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [°2Th.] 10,0016
End Position [°2Th.] 69,9836
Step Size [°2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [°2Th.] 3,35
Offset [°2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [°] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [°C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [Å] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

Identified Patterns List: (Bookmark4)

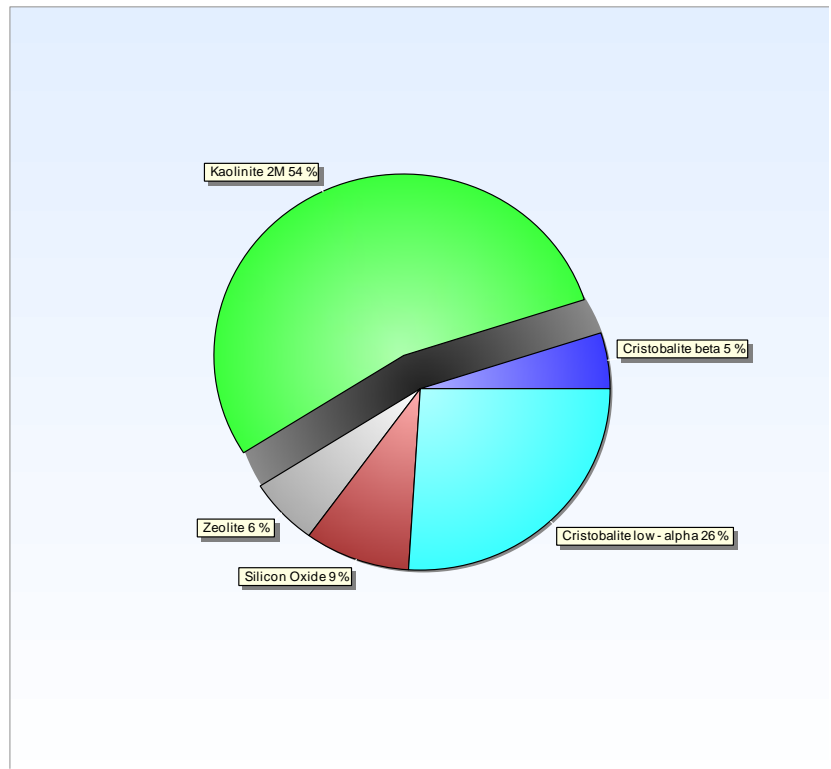
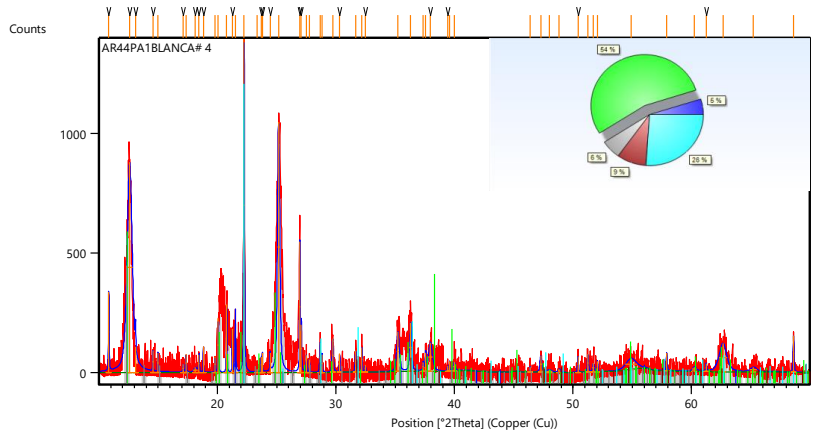
Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-020-1097	62	Hematite	0,000	0,957	Fe ₂ O ₃
*	98-007-9636	20	Quartz	0,000	0,556	O ₂ Si ₁
*	01-076-0883	9	Calcium Aluminum Oxide Silicate Hydroxide	0,000	1,022	Al ₄ Si ₂ Ca O ₁₀ (O H) ₂

Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name AR44PA1BLANCA# 4
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\AR44PA1BLANCA#
4.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 1/08/2019 3:44:56 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [$^{\circ}$ 2Th.] 10,0016
End Position [$^{\circ}$ 2Th.] 69,9836
Step Size [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [$^{\circ}$ 2Th.] 3,35
Offset [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [$^{\circ}$ C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [\AA] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

Graphics: (Bookmark2)

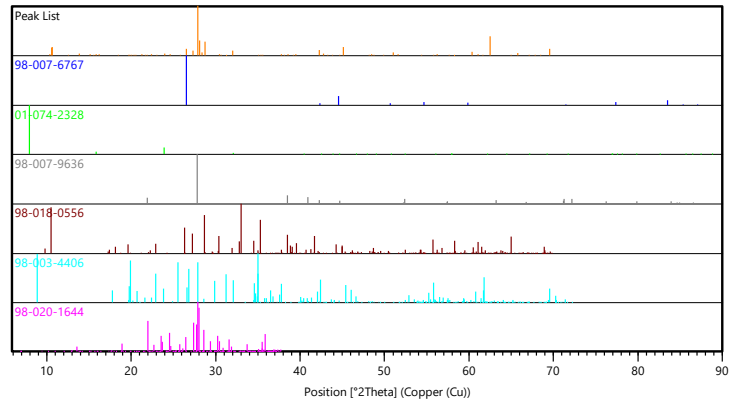


Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name AR50P1NEGRO# 5
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\AR50P1NEGRO# 5.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 1/08/2019 4:07:41 p. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [°2Th.] 10,0016
End Position [°2Th.] 69,9836
Step Size [°2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [°2Th.] 3,35
Offset [°2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [°] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [°C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [Å] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-007-6767	17	Graphite 2H	0,000	0,122	C1
*	01-074-2328	11	Carbon	0,000	0,254	C
*	98-007-9636	9	Quartz	0,000	0,088	O2 Si1
*	98-018-0556	6	Hornblende	0,000	0,087	H2 Al0.96 Ca1.46 Fe1.4 Mg3.68 Na1.22 O24 Si7.04
*	98-003-4406	3	Muscovite 2M1	0,000	0,495	H4 Al5.74 Fe0.26 K2 O24 Si6
*	98-020-1644	8	Anorthite	0,000	0,343	Al2 Ca0.94 Na0.06 O8 Si2

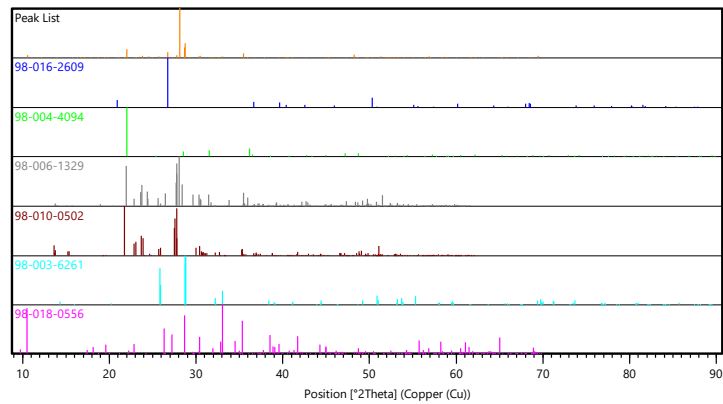
Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

Anchor Scan Parameters: (Bookmark1)

Dataset Name AR-50P3 AMARILLO-#7
File name C:\Users\W\Downloads\DRX\AR-50P3 AMARILLO-
#7.xrdml
Comment Configuration=Spinner Tubo Cu, Owner=User-1, Creation
date=9/24/2015 11:37:52 AM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size
2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=Reflection-Transmission Spinner
PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Polvos-1, Owner=User-1, Creation
date=10/13/2015 11:11:54 AM
Measurement Date / Time 2/08/2019 7:51:06 a. m.
Operator Universidad Nacional
Raw Data Origin XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis Gonio
Start Position [$^{\circ}$ 2Th.] 10,0016
End Position [$^{\circ}$ 2Th.] 69,9836
Step Size [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0130
Scan Step Time [s] 57,3750
Scan Type Continuous
PSD Mode Scanning
PSD Length [$^{\circ}$ 2Th.] 3,35
Offset [$^{\circ}$ 2Th.] 0,0000
Divergence Slit Type Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$] 0,5000
Specimen Length [mm] 10,00
Measurement Temperature [$^{\circ}$ C] 25,00
Anode Material Cu
K-Alpha1 [\AA] 1,54060
Generator Settings 40 mA, 45 kV
Diffractometer Type 0000000011019826
Diffractometer Number 0
Goniometer Radius [mm] 240,00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 100,00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

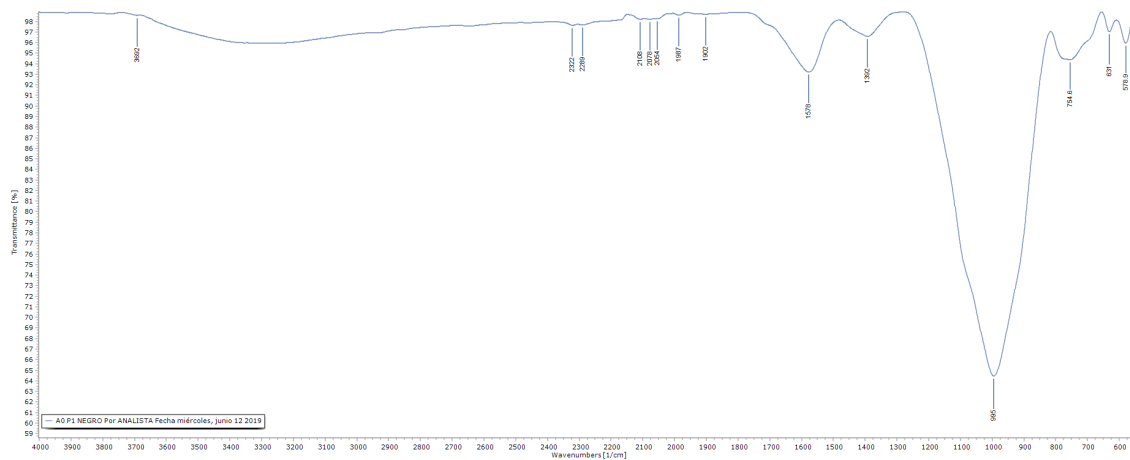
Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	98-016-2609	32	Quartz low	0,000	0,113	O2 Si1
*	98-004-4094	24	Cristobalite alpha	0,000	0,083	O2 Si1
*	98-006-1329	18	Anorthite, sodian	0,000	0,052	Al1.55 Ca0.55 Na0.45 O8 Si2.45
*	98-010-0502	7	Albite high	0,000	0,027	Al1 Na1 O8 Si3
*	98-003-6261	16	Coesite	0,000	0,298	O2 Si1
*	98-018-0556	12	Hornblende	0,000	0,051	H2 Al0.96 Ca1.46 Fe1.4 Mg3.68 Na1.22 O24 Si7.04

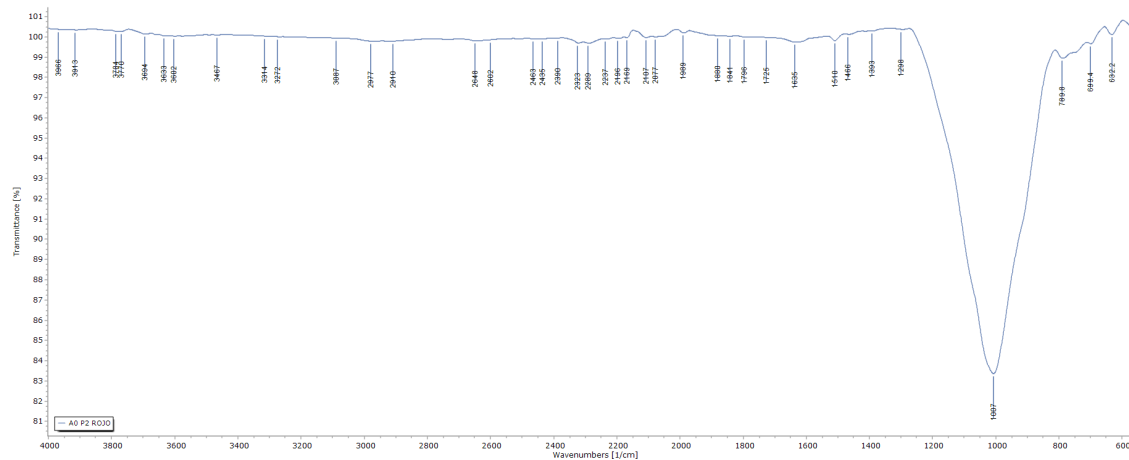
Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

VI. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER FT-IR

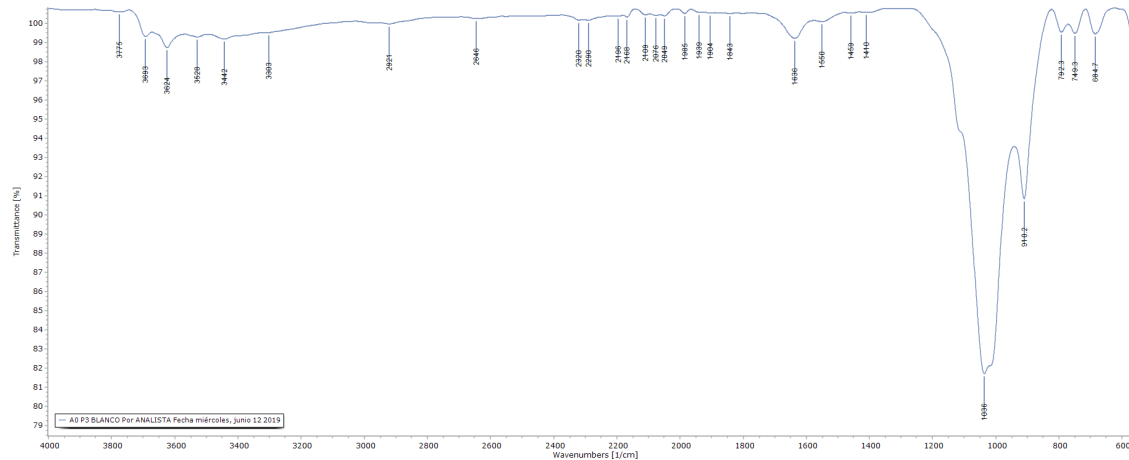
A-0 P1 NEGRO



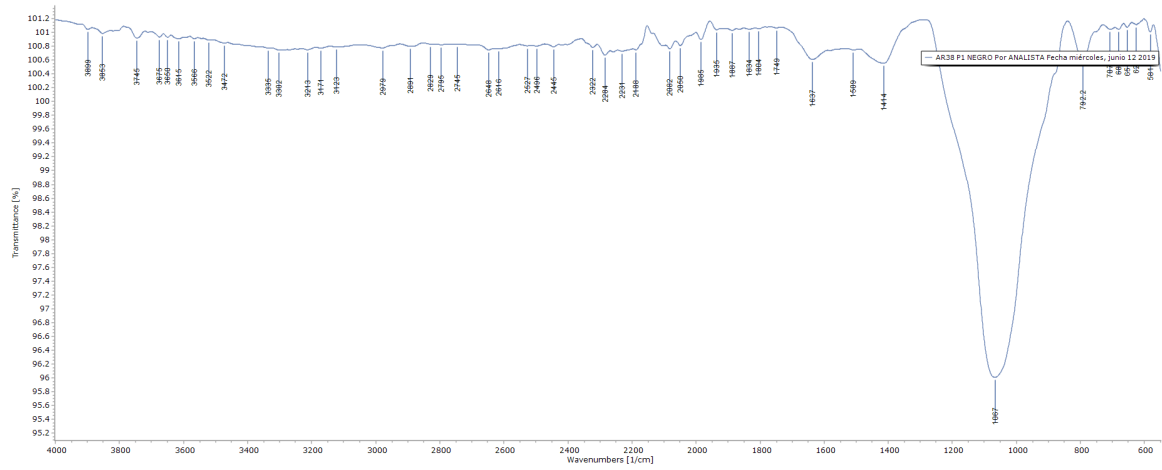
A-0 P2 ROJO



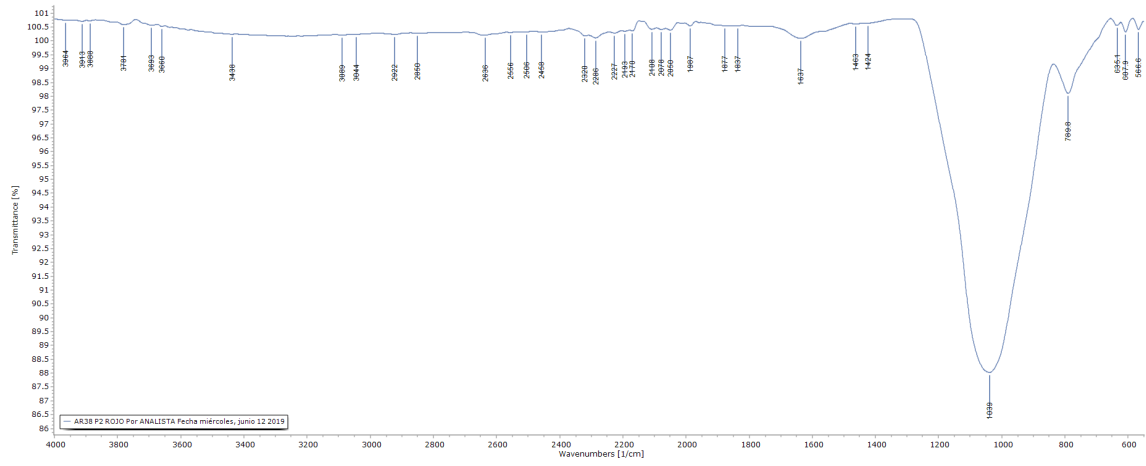
A-0 P3 BLANCO



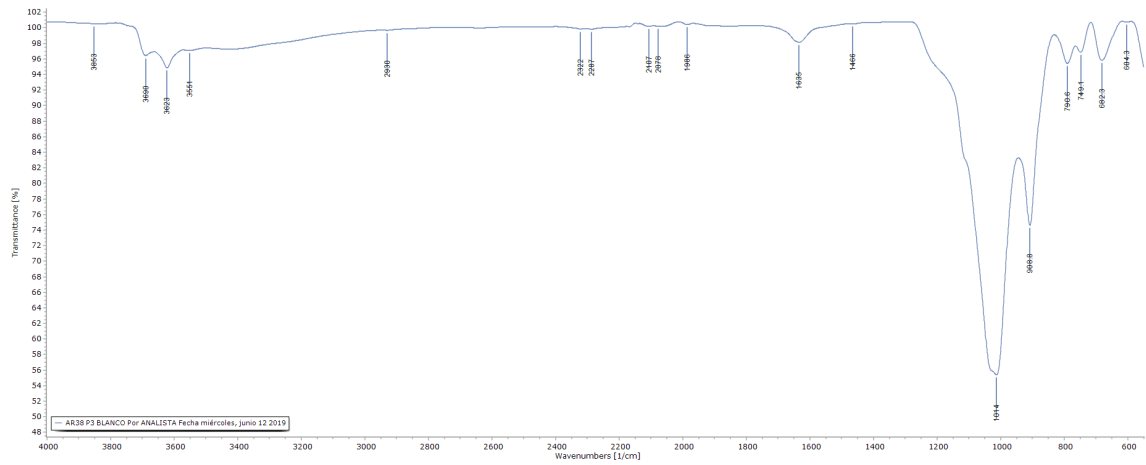
AR-38 P1 NEGRO



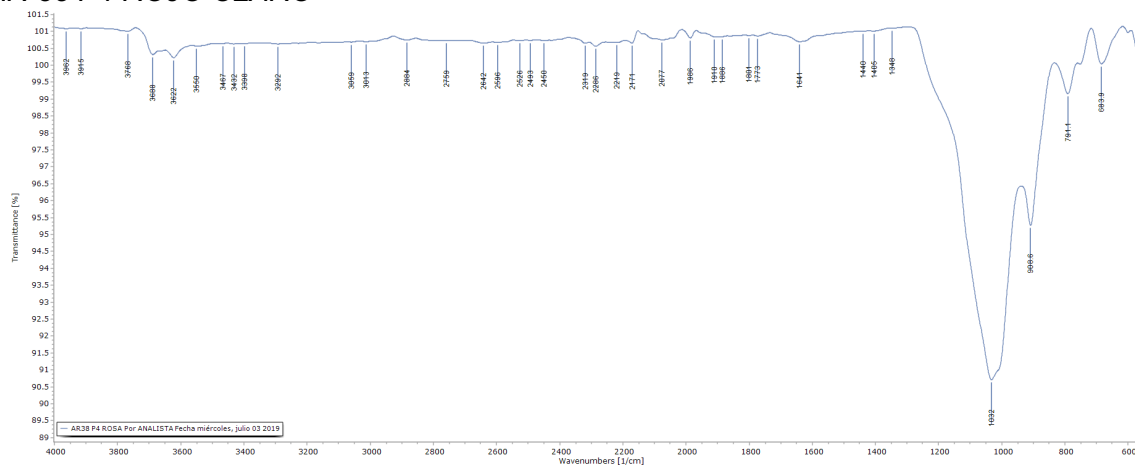
AR-38 P2 ROJO



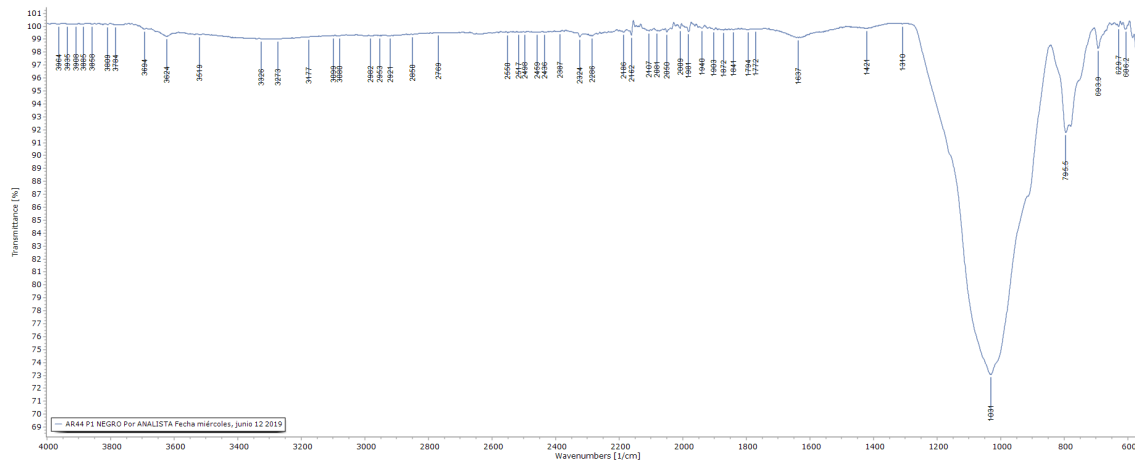
AR-38 P3 BLANCO



AR-38 P4 ROJO CLARO



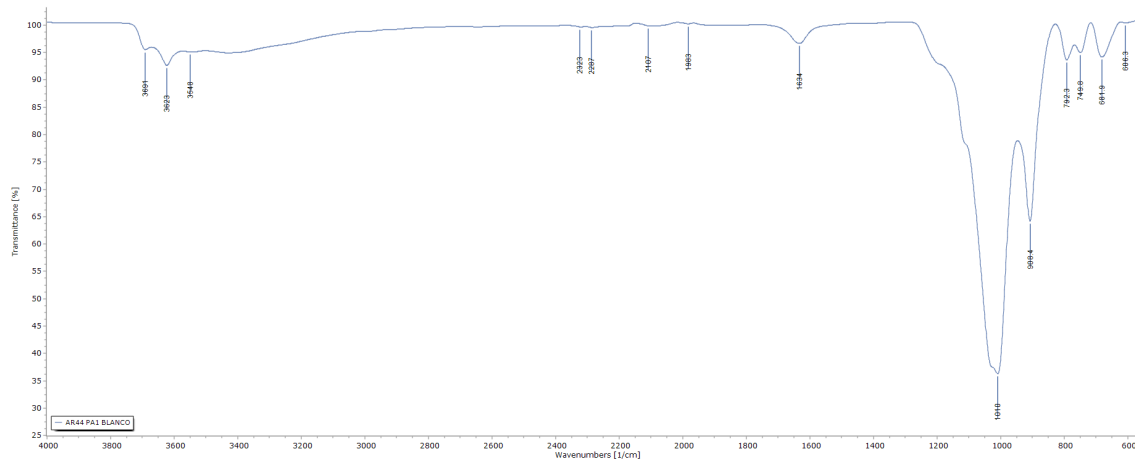
AR-44 P1 NEGRO



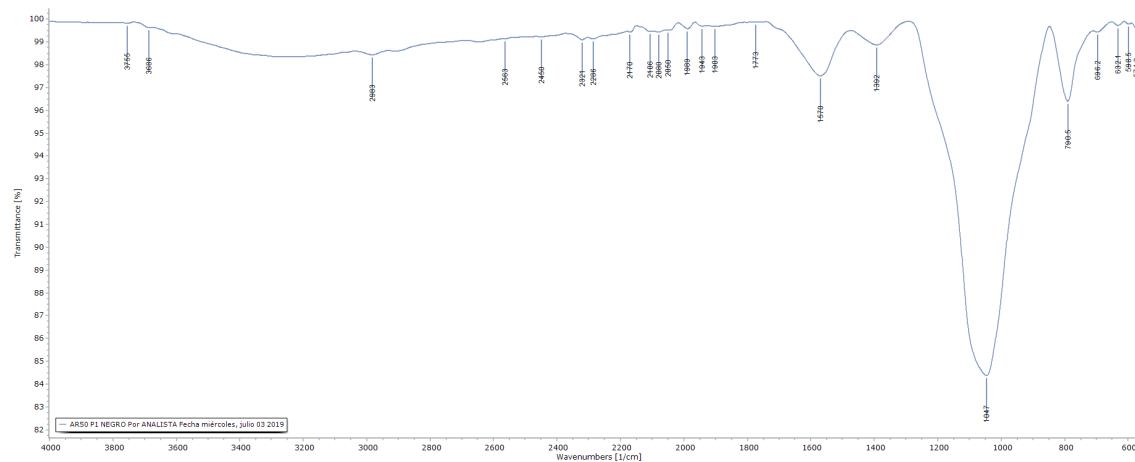
AR-44 P2 ROJO



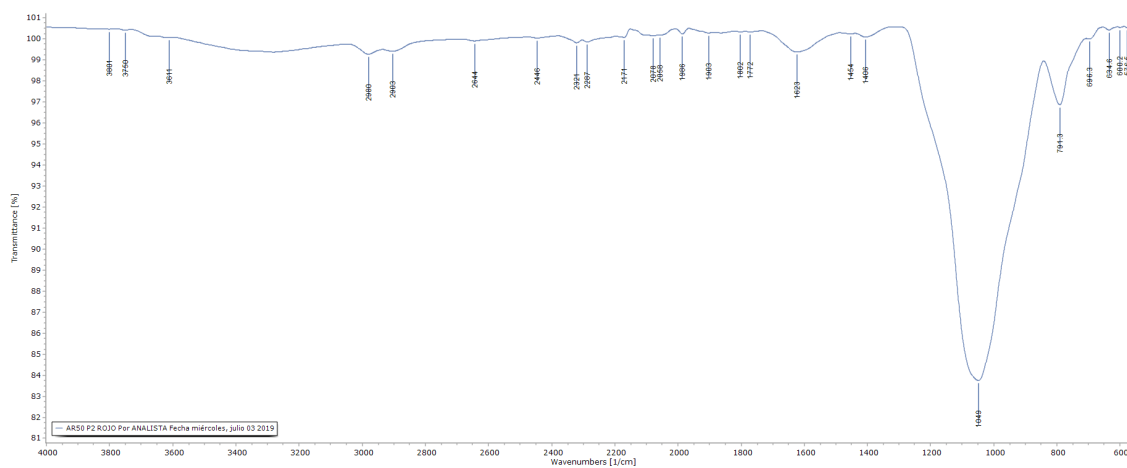
AR-44 PA1 BLANCO



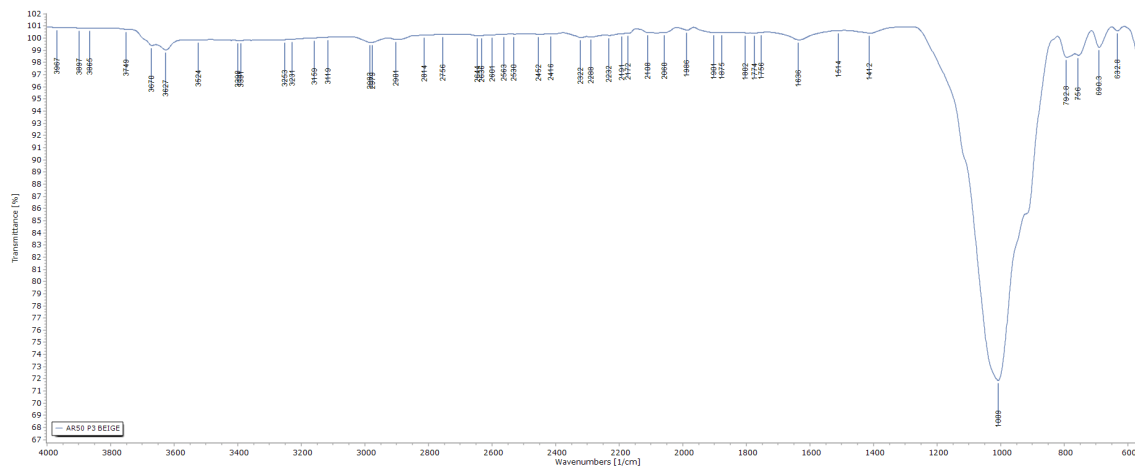
AR-50 P1 NEGRO



AR-50 P2 ROJO

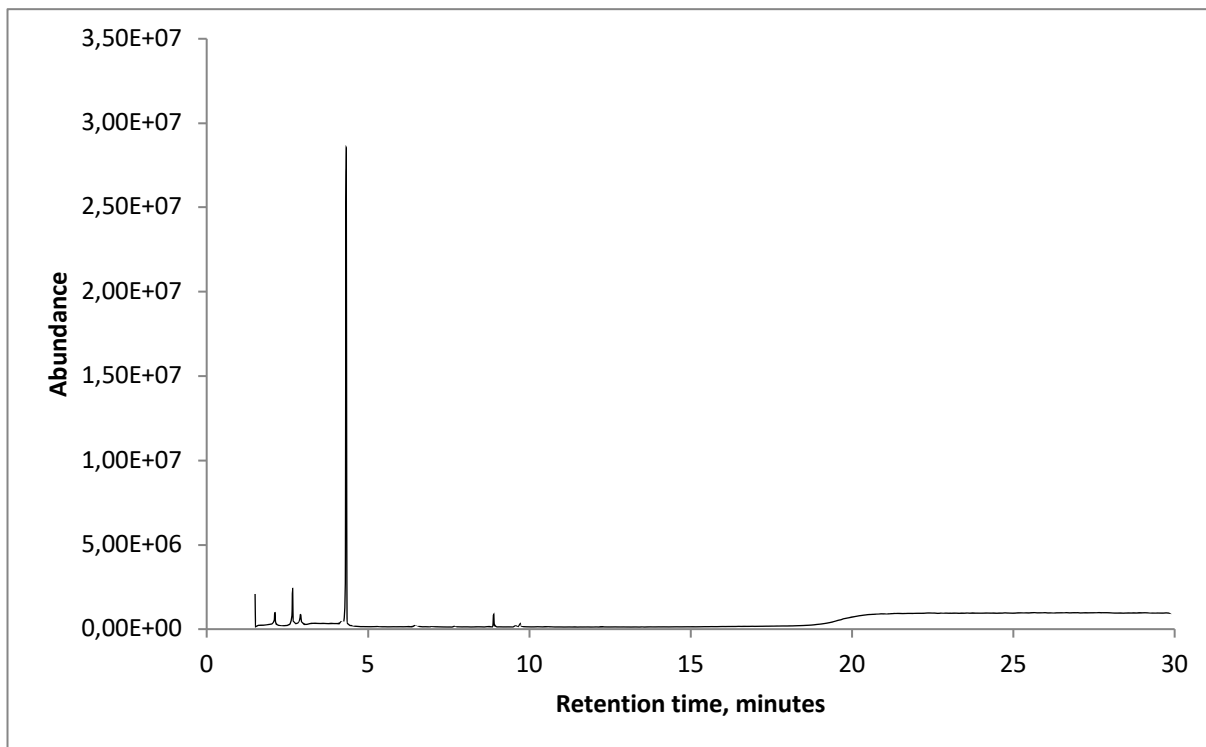


AR-50 P3 AMARILLO

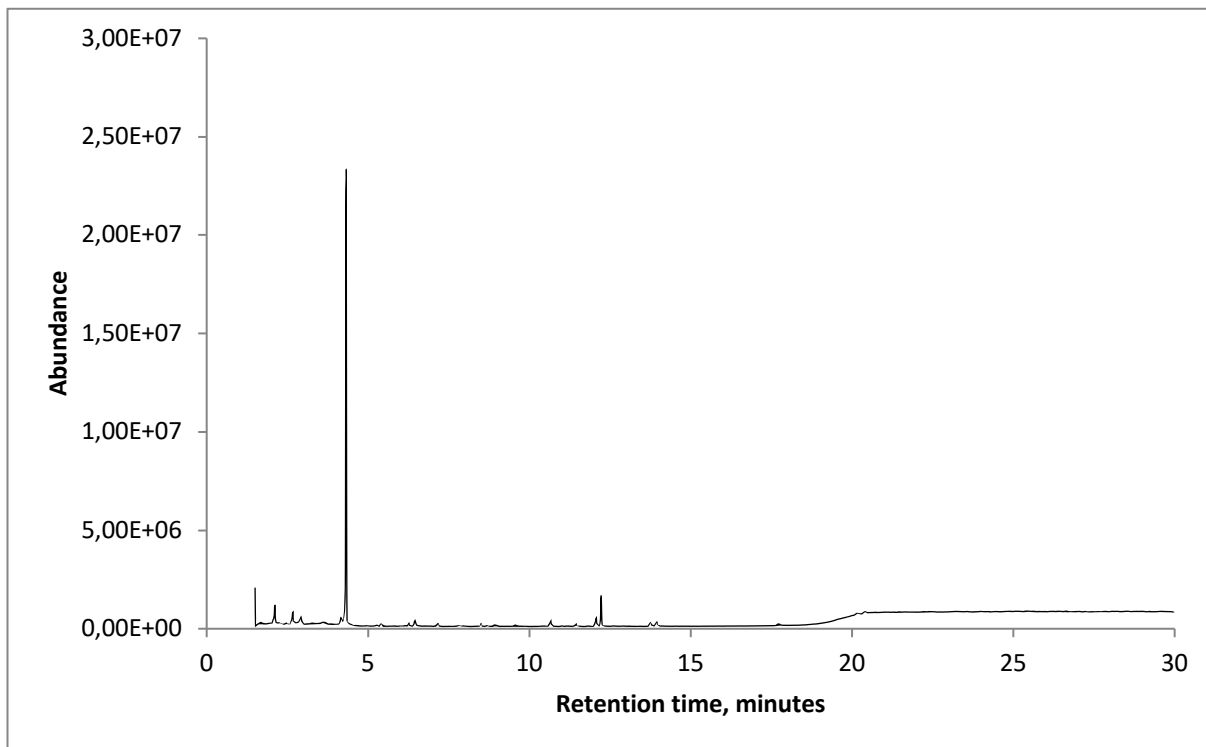


VII. CROMATOGRAFÍA DE GASES – ESPECTROMETRIA DE MASAS GC-MS

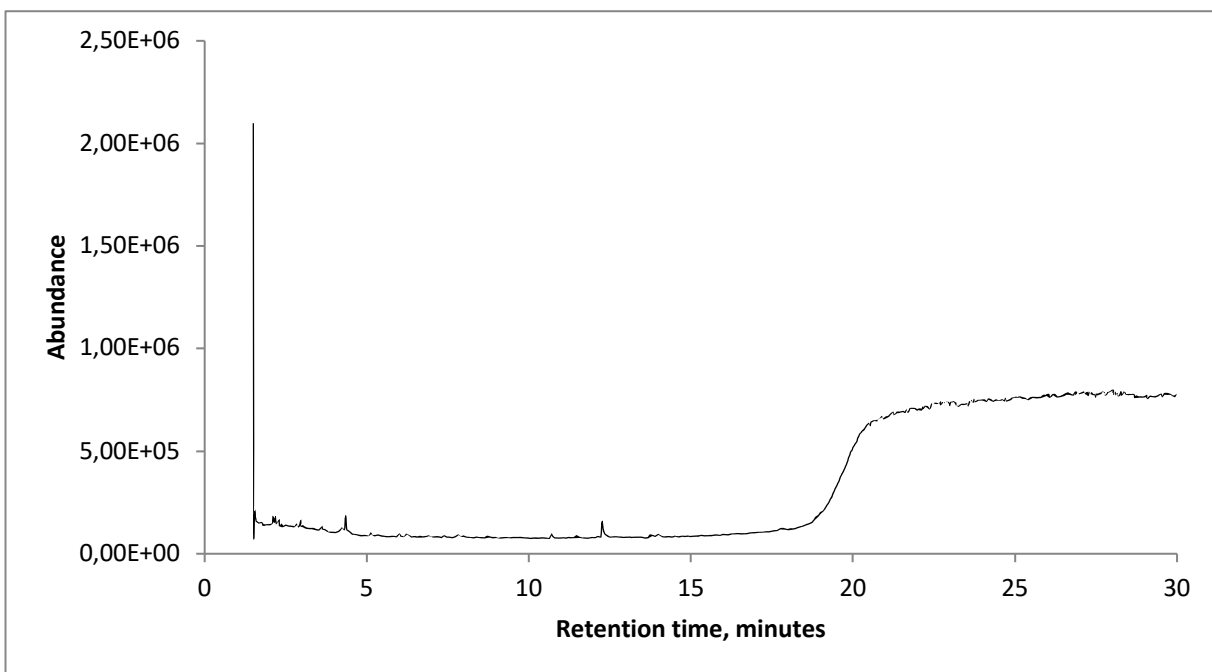
A-0 C3



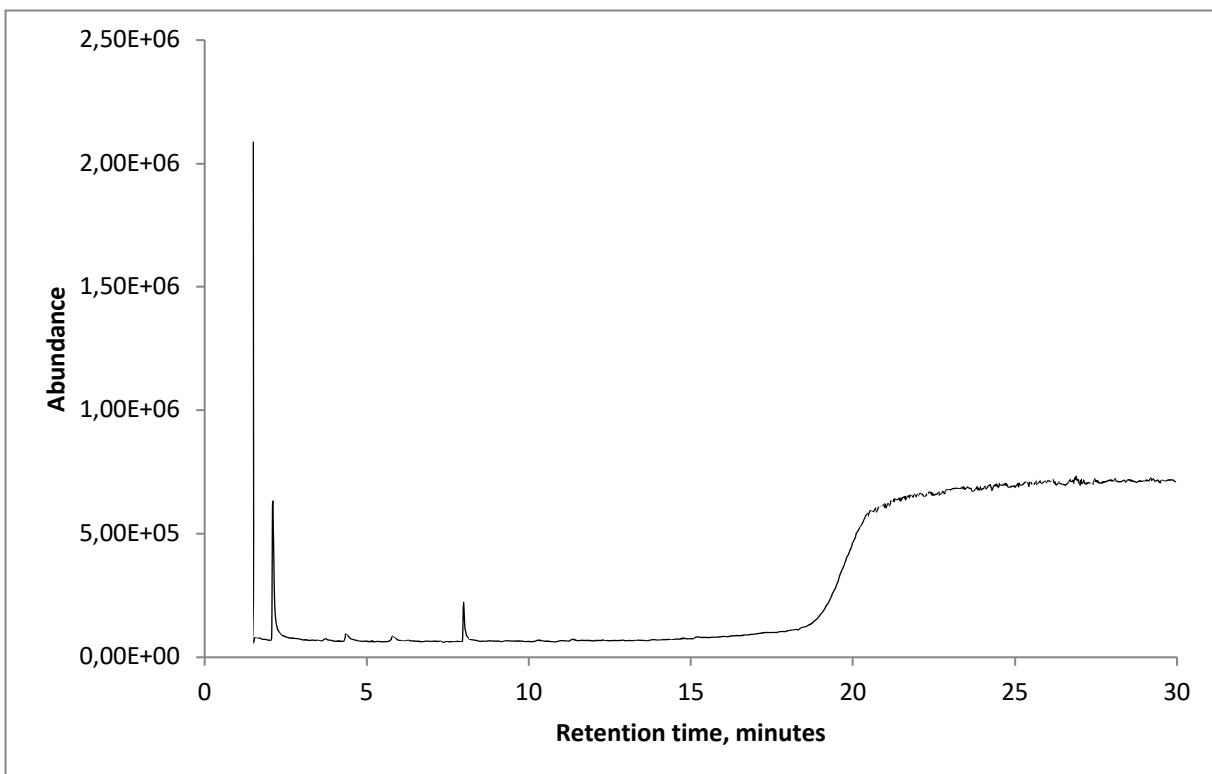
AR-38 C2



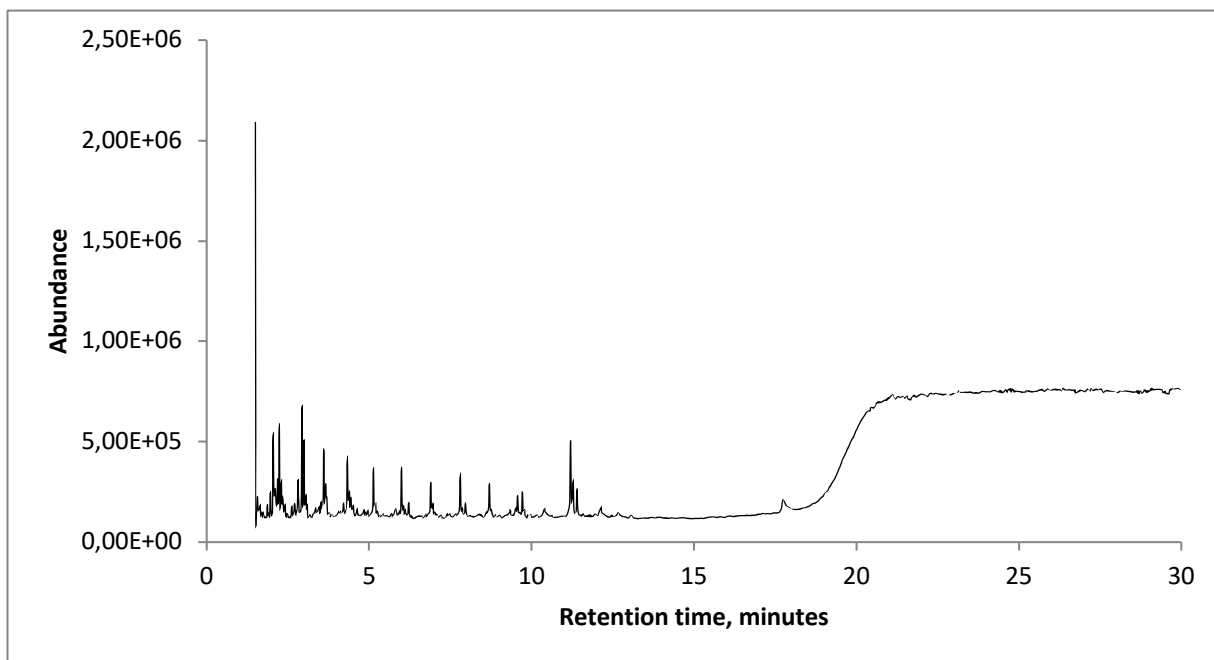
AR-38 C1



AR-50 C2



AR-50 C3



D. ANEXO: RESULTADOS DE SOCIALIZACIÓN

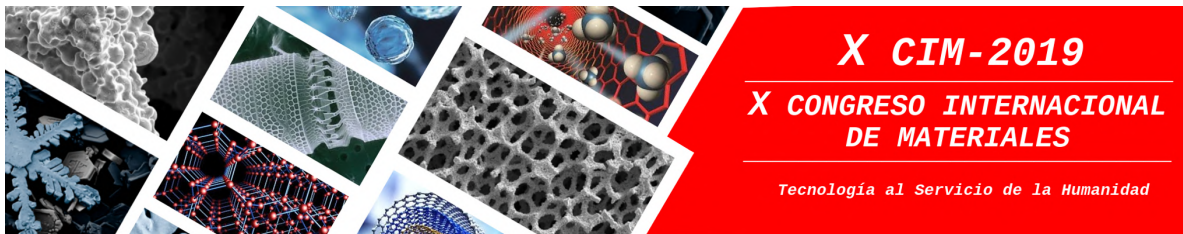
I. 10th International Congress on the Application of Raman Spectroscopy in Art and Archaeology. RAA Universidad de Potsdam, 03 al 07 de septiembre, Alemania.

Presentación oral: Confocal Micro-Raman Spectroscopy and Complementary Analytical Techniques for Material Characterization: Archaeological Mural Paintings, Alto del Aguacate, Archaeological Zone Tierradentro.

RAA 2019
P o t s d a m

II. X Congreso Internacional de Materiales CIM. Universidad Industrial de Santander UIS, 23 al 25 de octubre. Bucaramanga, Colombia.

Poster: Caracterización de soporte pétreo de la tumba arqueológica Hipogeo AR-44 del sitio Alto del Aguacate, Tierradentro, Cauca.



Micro-Raman Spectroscopy and Complementary Analytical Techniques for Material Characterization of Archaeological Mural Paintings at El Alto del Aguacate, Tierradentro Cauca.

Ana I. Giraldo Ocampo¹, **Judith Trujillo Téllez**², **Hugo A. Estupiñan Duran**¹,
Luz Marina Ocampo Carmona¹.

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65-223, Robledo, Medellín (Colombia).
email: agiraldooc@unal.edu.co

² Rock Art Research Investigation Group, Corporación GIPRI-Colombia, Calle 94a #61-05 Casa 61, Bogotá (Colombia)

Keywords: pigments, mural paintings, micro-raman spectroscopy, materials.

The National Archaeological Park of Tierradentro, located in the northern region of the central Andes, was declared World Cultural Heritage Site by UNESCO in 1995, mainly due to the presence of underground tombs (hypogea) dating from 500-900 A.D according to radio carbon dates and archaeological information[1][2]; its volcanic tuff rock walls are profusely decorated with sculptures and mural paintings in different colors.

The site Alto del Aguacate, has been the least studied of the sites in Tierradentro as a consequence of its remoteness, difficult access, high altitude and lack of electricity; restrictions associated with difficulties in the transportation of equipment and materials to perform analyses on site. Some of the studies carried out throughout the decades consist of archaeological excavations [3], preventive conservation projects [4], and prior archaeometric studies, performed at other sites within the archaeological zone of Tierradentro [5]; these works gave the first approximation to the materials used in the elaboration of the mural paintings.

Although there are some similarities in the mural paintings from the various sites, It is important to highlight the technological and stylistic differences found at El Alto del Aguacate, with use of red and yellow hues unique of this site, along with the specific conservation issues and variations in the soil. These differences were decisive to determine the main objective of this study, which aims to assess whether the paintings of El Alto del Aguacate were elaborated using the same materials and techniques found in other sites.

Four *hypogea* distributed across the site (A-0, AR-50, AR-44 and AR-38) **Figure 1**, presenting a variety of colors and techniques, were selected to take micro-stratigraphic and powder samples of the paintings for chemical and mineralogical characterization of the materials, especially the paint, through confocal micro-Raman spectroscopy and complementary techniques including optical microscopy, scanning electron microscopy coupled with energy dispersive x-ray spectrometry SEM-EDS, x-ray diffraction XRD, and fourier transform infrared spectroscopy FT-IR.



Figure 1: Details of paintings in *hypogea* A-0 (top), AR-50, AR-44 and AR-38 (bottom).

The results showed that the black paint corresponds mainly to carbon black, the red paint pigment used was characterized as red ochre, hematite (Fe_2O_3) mixed with clays, and the light yellow paint has several bands corresponding to yellow ochres, with presence of goethite and white clays. Minerals containing calcium, and white clays such as kaolinite were used for the white paints and preparation layers, in some cases mixed with other pigments to modify the color.

In conclusion, it was possible to accurately determine the compositional nature of each pigment through the analysis of the spectra obtained by means of confocal micro-Raman; using SEM-EDS, XRD and FT-IR to verify and complement the results with elementary and mineralogical composition, same as organic compounds identification. Even though, there are coincidences in the main materials found in this study with the ones from prior research projects, some interesting variations between the four different hypogea studied, allowed to raise hypothesis about the variability in the mix of pigments and additives used to modify the characteristics of the paint.

The information about the materials can be used to generate hypothesis about the techniques applied to the elaboration process, determine possible chemical transformations, approach the interaction of the paint with the soil and its components, same as with deterioration materials like biological colonization products, saline efflorescence and other mineral crystallizations, which can be analyzed using different techniques to determine its nature and impact on the conservation of the mural paintings and hypogea structures, contributing to the assessment of conservation diagnosis and future restoration processes with compatible materials and techniques.

Acknowledgements

This work was developed in the framework of the master's thesis Technology and Conservation of the Mural Paintings at the Hypogea of El Alto del Aguacate, Tierradentro, Cauca, financially supported and supervised by the Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH through the Research Development Incentive ICANH 2019. The authors would like to thank Corporación GIPRI-Colombia, Conservator María Paula Álvarez Echeverri, MEng. James Rosero Romo and Dr. Natalia Acevedo Gómez for their contributions to the project.

References

- [1] E. Sevilla, Arte en la necrópolis prehispánica. Revista Colombiana de Antropología V. 45. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia, **2009** Pp. 369-397.
- [2] A. M. Groot, S. Mora, "VIII. Macizo colombiano: Alto Magdalena". En: *Colombia Prehispánica: Regiones arqueológicas*. Colombia: Colcultura, Instituto Colombiano de Antropología, **1989**. Pp. 159-179.
- [3] A. Chaves, M. Puerta, Monumentos Arqueológicos de Tierradentro. Bogotá D.C: Banco Popular, **1986**.
- [4] C. Zuluaga, Contrato 85 de 2013. Informe de los trabajos de conservación realizados en el Parque Arqueológico de Tierradentro en el 2013. Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH, **2013**.
- [5] D. Rodríguez, Estudios técnicos de las pinturas de los hipogeos del parque arqueológico de Tierradentro. Bogotá: Haerentia, **2014**.

CARACTERIZACIÓN DE SOPORTE PÉTREO DE LA TUMBA ARQUEOLÓGICA HIPOGEO AR-44

DEL SITIO ALTO DEL AGUACATE, TIERRADENTRO, CAUCA.

Ana I. Giraldo Ocampo¹, Judith Trujillo Téllez², Hugo A. Estupiñán Durán¹, Luz M. Ocampo Carmona¹, James J. Rosero Romo¹

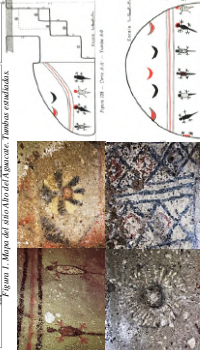
¹. Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

². Grupo de Investigación de Arte Rupestre Indígena, GIPRI – Colombia.

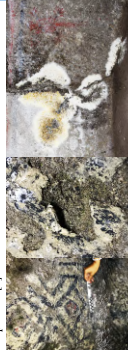


INTRODUCCIÓN

Los hipogeos o tumbas arqueológicas del Parque Arqueológico Nacional Tierradentro, Cauca, Colombia, declaradas patrimonio cultural de humanidad por la UNESCO en 1995, son estructuras subterráneas labradas en el suelo de toba volcánica, cuya superficie se encuentra decorada con pintura mural y grabado [1]. Para este estudio se seleccionó el sitio Alto del Aguacate, especialmente el hipogeo AR-44, del cual se caracterizó la roca.



En las últimas décadas, el vertido masivo de estos hipogeos ha presentado problemáticas de deterioro progresivo, entre las cuales se encuentran: grietas por estrés diferencial, eflorescencias salinas, biodeterioro y manchas de humedad, que desencadenan fallas estructurales y la pérdida de las técnicas decorativas en la superficie [4].



Debido a la necesidad de estudiar este material y relacionar los datos obtenidos con los indicadores de deterioro presentes en las tumbas arqueológicas del sitio estudiado, actualmente se están llevando a cabo trabajos de caracterización del soporte petreo, con la finalidad de identificar las propiedades físico-químicas de la roca-sustrato (composición, porosidad, entre otros).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon dos tipos de muestras para las pruebas de caracterización: una muestra de roca tomada de una zona sin presencia de pinturas, y micro-muestras estratigráficas con capas de pintura y soporte petreo.

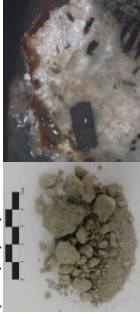


Figura 5. Fotografía macroscópica de micro-muestra estratigráfica 5a.

Las pruebas de caracterización realizadas y los equipos empleados fueron los siguientes: análisis morfológico y elemental empleando Microscopía Electrónica de Barrido –Espectroscopia de Energía Dispersiva de Rayos X (SEM-EDS), equipo Carl Zeiss EVO MA 10 –X-ray detector, Oxford X-ray Fluorescent Precision; análisis de composición elemental por espectroscopia de absorción atómica (AAS) en el equipo Perkin Elmer AAS 200; análisis de composición elemental por espectroscopia de absorción atómica (AAS) en el equipo Perkin Elmer AAS 200; toma de fotografías microscópicas, empleando un microscopio óptico Zeiss Axio Observer 5, 5X, 10X, 50X, realizadas en el Laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.



Figura 6. Fotografía SEM-EDS (top) y Raman (bottom) de la muestra de roca.

Para el análisis petrográfico de la muestra de roca se emplearon: una lupa estereoscópica Olympus SZ61 y un microscopio óptico Olympus BX41, con fuente de luz transmitida. Este análisis fue realizado por la geóloga Dra. Natalia Acevedo, en el Laboratorio Petrográfico del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

El análisis de difracción de rayos X (XRD) de la muestra de roca (ver caso tobi[5]) se encuentra dentro de los valores de SiO₂ presentados en la siguiente gráfica.

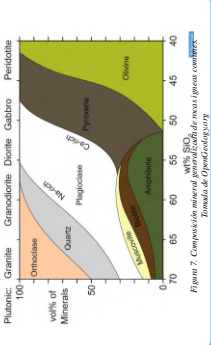


Figura 7. Composición mineral para tumbas de roca volcánica.

RESULTADOS

De acuerdo con el estudio petrográfico microscópico, se identificó la muestra como una roca ígnea volcánica: toba vítrea, de color gris claro a verde, con textura porfiroclástica, constituida por fenocristales de feldespato, anfíbol, biotita y fragmentos de rocas efusivas, con tamaños menores a 1 mm, inmersos en una matriz vítrea. Se determinó que los minerales presentes en la roca estudiada y sus porcentajes respectivos son los siguientes:

MINERALES PRINCIPALES	%
Hornblenda Ca (Mg,Al)(Si,Al)6O13	10
Tambalos apromediados de 0.5 mm, y como fenocristales de hasta 1 mm	10
Procedo FELDSPATO (K, Na, Ca, Al)Si3O8	4
Tambalos apromediados entre 100 y 200 μm.	4
MINERALES ACCESORIOS	%
Tambalos de 0.2 mm a 0.5 mm	2
Cuarzo SiO2	2
Tambalos de hasta 3 mm	2
MINERALES EFUSIVOS	%
Igneos (lavas eicos)	5
Vitrificados	5
MATERIALES	%
Mezclas de CO2	50

A continuación se observa la distribución de los minerales:

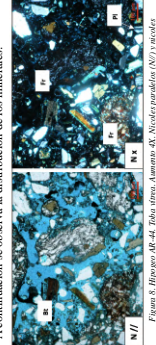


Figura 8. Fotografía de tumbas AR-44, AR-45, AR-46, AR-47, AR-48, AR-49, AR-50, AR-51, AR-52, AR-53, AR-54, AR-55, AR-56, AR-57, AR-58, AR-59, AR-60, AR-61, AR-62, AR-63, AR-64, AR-65, AR-66, AR-67, AR-68, AR-69, AR-70, AR-71, AR-72, AR-73, AR-74, AR-75, AR-76, AR-77, AR-78, AR-79, AR-80, AR-81, AR-82, AR-83, AR-84, AR-85, AR-86, AR-87, AR-88, AR-89, AR-90, AR-91, AR-92, AR-93, AR-94, AR-95, AR-96, AR-97, AR-98, AR-99, AR-100.

En los espectros de Raman se logra observar claramente la presencia de las bandas de minerales identificados anteriormente:

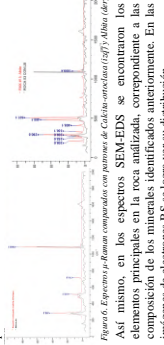


Figura 9. Espectros de Raman comparados con patrones de tobas volcánicas (top) y Hornblenda (Hb) y Feldespato (Fs) contenidos en una matriz vítrea.

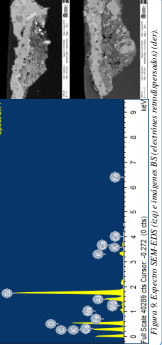


Figura 10. Espectros de Raman comparados con patrones de tobas volcánicas (top) y Hornblenda (Hb) y Feldespato (Fs) contenidos en una matriz vítrea.

CONCLUSIONES

La metodología empleada permitió determinar la composición general de la muestra, y la identificación de minerales presentes en la roca, comprobando que los minerales constitutivos se encuentran altamente degradados. Es por ello que, la información obtenida en las pruebas de caracterización, brinda los datos esenciales para generar un diagnóstico del estado de conservación de la estructura de las tumbas arqueológicas, y las técnicas decorativas presentes en su superficie.

Mediante las imágenes obtenidas, se logró observar la textura, forma, tamaño de granos, entre otros. En el análisis petrográfico se determinó que la muestra es una roca ígnea volcánica, de color gris claro a verde, con un valor considerado alto. Debido a ello, la roca se fragmenta con facilidad y pierde su integridad estructural debido a la baja resistencia mecánica; auxiliado a la filtración de agua y sales solubles, esto permite un mayor grado de alteración en la composición de sus materiales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] E. Sevilla, Arte en la neopoliés prehispanica. Revista Colombiana de Antropología, V.45, Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia, 2009 Pp. 369-397.

[2] A. M. Groot, S. Mara, VIII. Macizo colombiano: Alto Magdalena”. En: *Colombia Prehistórica: Regiones arqueológicas*. Colombia: Colcultura, Instituto Colombiano de Antropología, 1989 Pp. 159-179.

[3] A. Chaves, M. Puerta, Monumentos Arqueológicos de Tierradentro. Bogotá D.C: Banco Popular, 1986.

[4] C. Zuluaga, Contrato 85 de 2013. Informe de los trabajos de conservación realizados en el Parque Arqueológico de Tierradentro en el 2013. Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH, 2013.

[5] D. Rodríguez, Estudios técnicos de las pinturas de los hipogeos del parque arqueológico de Tierradentro. Bogotá: Herencia, 2014.

[6] E. Doehne and C. A. Price, *Stone Conservation: An Overview of Current Research, Research in Conservation*, Second edition, Los Angeles CA: The Getty Conservation Institute, 2010.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto cuenta con la autorización, apoyo económico y supervisión del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), a través del Estímulo de Fomento a la Investigación 2019, Contrato Estatal de Financiamiento 155 del 2019.

Los autores desean agradecer al Laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en el Centro de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, y a la administración del Parque Arqueológico Nacional Tierradentro.

