



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ESTUDIOS
MESOAMERICANOS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS

LA PALETA PICTÓRICA TEOTIHUACANA. UN RECORRIDO ESPACIO-
TEMPORAL A PARTIR DE LA MATERIALIDAD DEL COLOR

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN ESTUDIOS MESOAMERICANOS

PRESENTA:
CARLOS LÓPEZ PUÉRTOLAS

TUTORES
DR. JOSÉ LUIS RUVALCABA SIL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DRA. LAURA FILLOY NADAL
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

COMITÉ TUTOR
DRA. MARÍA ISABEL ÁLVAREZ ICAZA LONGORIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DRA. VERÓNICA ORTEGA CABRERA
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

CIUDAD DE MEXICO, ENERO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y las referencias generales a otros autores, se consignan con el crédito correspondiente

Agradecimientos

Este trabajo doctoral de cuatro años no habría sido posible sin el apoyo y colaboración de múltiples personas e instituciones. En primer lugar quiero agradecer al Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) por el apoyo dado al presente proyecto. De la misma forma, este trabajo doctoral habría sido imposible sin el apoyo del Programa de Becas Nacionales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). De igual manera, quiero agradecer al Programa de Apoyos a los Estudios de Posgrado (PAEP) de la UNAM por apoyar las salidas de campo necesarias.

Esta investigación habría sido imposible sin el apoyo y la colaboración de los tres proyectos arqueológicos y de sus directores, los cuales han puesto todo de su parte para facilitar el estudio del acervo arqueológico presentado.

Los materiales de Amanalco fueron excavados por René Millon (Rochester University) por solicitud del INAH. El proyecto en curso contó con la autorización del Consejo de Arqueología del INAH. Agradezco al *ASU Teotihuacan Research Laboratory* y en particular al Dr. Michael E. Smith, director del laboratorio de ASU y Curador de la colección de Amanalco por facilitarme el acceso a dichas colecciones. Asimismo, agradezco enormemente el apoyo de Oralia Cabrera Cortés como directora de operaciones del *ASU Teotihuacan Research Laboratory* y a Lourdes Caballero Mejía y Oscar Cerón González por su inestimable ayuda.

Agradezco también al *Proyecto de Conservación de Pintura Mural in Situ y en Acervos* y especialmente a su directora Gloria D. Torres Rodríguez, quien desde el primer momento apoyó y colaboró para que esta investigación saliera adelante.

Por último, quiero agradecer la colaboración y apoyo al *Proyecto Arqueológico Tlajinga Teotihuacan (PATT)* y a sus directores David Carballo y Luis Barba Pingarrón por permitirme incorporar a esta investigación los materiales de los conjuntos de Tlajinga.

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) en su sede del Instituto de Física de la UNAM mediante los proyectos: LN279740, LN293904, LN299076 LN 314846 LN 315853 y CB239609. Esta investigación fue realizada con apoyo del proyecto PAPIIT IN108521. Quiero agradecer especialmente a todos los miembros y miembras del laboratorio: José Luis Ruvalcaba Sil, Edgar Casanova González, Alejandro Mitrani Viggiano, Isaac Chávez Rangel, Mayra Dafne Manrique Ortega y a Valentina Aguilar Melo.

Por ultimo, quiero agradecer la disponibilidad, colaboración y el apoyo a la investigación del Laboratorio de Materiales Avanzados del Instituto de Física de la UNAM, especialmente de María Cristina Zorrilla Cangas por su continua disposición al trabajo.

Asímismo, agradezco a Jaqueline Cañetas Ortega, Ing. Francisco Jaimes, y a Juan Gabriel Morales, del LANCIC- IFUNAM, por el apoyo realizado en la realización de los estudios espectroscópicos y de microscopia electrónica de barrido, así como a Everardo Tapia Mendoza del LANCIC en su sede del Instituto de Química por su apoyo a esta investigación.

Quiero finalizar esta sección de una manera más personal a todas esas personas que de manera directa o indirecta me han apoyado durante los cuatro años de investigación. En primer lugar, quiero agradecer a mis dos tutores principales, a José Luis Ruvalcaba Sil y a Laura Filloy Nadal, quien han estado detrás mía apoyando y resolviendo los innumerables problemas derivados de esta investigación. Por el trabajo, el tiempo dedicado y el apoyo personal os doy mi mas sinceras gracias. Igualmente a Marisa Álvarez Icaza Longoria y a Verónica Ortega Cabrera por su apoyo e indicaciones que hicieron que esta tesis terminara en buen puerto.

Quiero agradecer también a Rogelio Rivera Chong y a Gloria Torres Rodríguez, quienes apoyaron en todo momento y en todo lo que pudieron para que una parte importante de los materiales arqueológicos pudieran ser estudiados, muchas gracias por el constante apoyo.

Quiero mencionar también y dar mi agradecimiento a Reyna Solís Ciriaco y a Emiliano Melgar Tísoc por las enseñanzas y consejos que durante dos semestres me dieron en sus clases, permitiéndome ahondar y profundizar los aspectos tecnológicos del color. Por esto y por todo, mi más sincero agradecimiento.

Quiero agradecer también a mis profesoras, compañeras y colegas Nora Ariadna Pérez Castellanos y a Yareli Jaidier Benavides, quien a través primer de sus clases y después como colegas, me permitieron bucear en aspectos totalmente desconocidos del color. Muchas gracias por estos años de aprendizaje y de compartir conocimientos y experiencias sobre el color.

Quiero hacer una especial mención a mi colega Ariel Taxis Muñoz, compañero de clases y colega, gracias por ponerme sobre aviso acerca de los materiales de Tlajinga, su inclusión en esta investigación es gracias a tu aviso.

Aunque de manera indirecta, quiero acordarme y agradecer también a mis profesoras Maria Luisa Vázquez de Ágredos Pascual y a Linda R. Manzanilla Naim, quienes me abrieron las puertas de México y de Teotihuacan e inculcaron en mi un tremendo respeto por el trabajo y un profundo amor por Teotihuacan, Mesoamérica y el color. Por siempre GRACIAS.

Por último, quiero agradecer de manera especial a mis compañeros y amigos del LANCIC-IF, quienes han sido compañeros de batalla, soportando innumerables cuestiones y apoyando en todo momento. A José Luis, a Edgar, a Mitrani, a Mayra, a Angie y a Lucia quiero mostraros con estas palabras mi mas sincera gratitud, por apoyarme a nivel profesional y sobre todo personal. Muchas gracias, compañeros y compañeras por permitirme aprender de vosotros y por compartir la carga de las preocupaciones derivadas de la investigación con cafés, pláticas y sobre todo momentos que jamás olvidaré. ¡Gracias a todos!

Por último, quiero agradecer de manera muy especial a mi familia, a mis padres Pepe y Carmen por apoyarme en todo y para todo, por ser resorte y sostén de los sueños locos de vuestro hijo. Espero que veáis en este trabajo el esfuerzo, la constancia, la seriedad y la dedicación que siempre habéis tenido vosotros en mí. Este trabajo es para vosotros, por siempre, por todo, GRACIAS.

Quiero agradecer también a mi hermano Miguel, por su apoyo en explicarme los entresijos del Excel, por soportar preocupaciones y por esas charlas nocturnas en las que las preocupaciones de desvanecían entre plática y plática. Igualmente importante han sido mis tíos, María José y Ximo y a mi prima Claudia, soportes y apoyos constantes durante todos estos años alejado de casa. Esta tesis también es para vosotros.

Para finalizar, quiero dedicarte esta tesis a ti Angela, compañera de vicisitudes, de alegrías y de preocupaciones. Gracias por ser soporte cuando más lo necesité, gracias por animarme cuando más dificultades veía y sobre todo, gracias por creer en mí y en mi trabajo. Gracias por estos cuatro años.

Tabla de contenido

Lista de figuras.....	4
Tablas de contenido.....	4
Resumen del proyecto.....	12
Presentación de la investigación.....	14
Planteamiento del problema, preguntas de investigación hipótesis y objetivos.....	16
Objetivos.....	18
Capítulo 1. El color como objeto de estudio arqueológico: el caso mesoamericano	20
1.1 Introducción a la investigación: el fenómeno del color	21
El color como fenómeno físico y químico	21
El color como fenómeno cultural.....	29
El color como elemento material.....	33
1.2 Estado de la cuestión. El color entre las sociedades antiguas: el caso Mesoamericano	34
Historiografía del color en Mesoamérica. Del siglo XVI a las tendencias actuales.....	35
Usos y recursos. La tecnología del color en Mesoamérica.	39
La investigación del color en Teotihuacan	57
Capítulo 2. Marco teórico-metodológico: el color en Teotihuacan, una aproximación desde la perspectiva de la arqueología del color y la antropología de la tecnología	63
2.1. La arqueología del color como perspectiva de estudio.....	64
2.2 El estudio del color desde la perspectiva tecnológica: aproximación teórica y conceptos clave.....	69
El concepto de estilo y estilo tecnológico y su aplicación a la producción artística teotihuacana.....	72
Propuesta de estudio: tecnología del color a través de la muralística teotihuacana....	82
2.3 Metodología de muestreo y análisis	86
Capítulo 3. Vestigios de colores: contexto arqueológico de los materiales de estudio	99

3.1. Teotihuacan, la excepción de Mesoamérica y su policromía	100
Los usos del color en el contexto cultural teotihuacano.....	103
Organización sociopolítica	106
El sistema económico y productivo teotihuacano	110
Principales características de la pintura mural teotihuacana	113
Contextos y materiales de estudio.....	115
Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco	115
Corpus de estudio de la pintura mural del Conjunto Patio de los Jaguares.....	129
Tlajinga.....	135
Capítulo 4. “De los colores, de todas las maneras de colores”: resultados de los análisis físicoquímicos	146
Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco	148
Análisis general de los fragmentos de pintura mural mediante la fotografía infrarroja de falso color.	148
El rojo y sus variaciones cromáticas.....	150
Amarillo.....	160
Verde	166
Azul	172
Negro	180
Conjunto Patio de los Jaguares	183
El rojo y sus variaciones cromáticas.....	183
Amarillo.....	192
Verde	195
Azul	200
Negro	204
Tlajinga.....	206
El rojo y sus variaciones cromáticas.....	206

Verde	220
Capítulo 5. <i>Ars Coloris</i>: un viaje a través de la tecnología del color en Teotihuacan: discusión de los resultados y conclusiones de la investigación	228
<i>Ars Coloris</i> : un viaje a través de la tecnología del color en Teotihuacan	229
Una manera de hacer: el estilo tecnológico del color en Teotihuacan	257
Conclusiones	266
Referencias citadas en el texto	270
ANEXOS	304
• Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco-.....	305-418
• Conjunto Plaza de los Jaguares.....	418-523
• Tlajinga.....	524-568

Lista de figuras

Figura 1. El espectro electromagnético. El espectro visible ocupa sólo una pequeña parte del espectro total. Fuente Tilley, 2011, p. 2.	22
Figura 2. Atributos del color. Estas fotos de autor desconocido están bajo licencia CC BY-SA-NC	23
Figura 3. Sistema de color Munsell. Fuente Habekfost 20019, 6.....	27
Figura 4. Sistema aditivo de colores (izq.) y diagrama cromático con las coordenadas RGB (dcha.). Fuente (izq.) Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA;(dcha.) Ohta y Robertson 2005, 66.....	28
Figura 5. Espacio de color CIE L*a*b* y diagrama cromático a*b*. Fuente: Schanda 2007; Nassau 1998.....	28
Figura 6. Plano de Teotihuacan donde se señalan los contextos de los que se dispone de frags. de pintura mural. En rojo el Conjunto Plaza de los Jaguares, en amarillo Amanalco y en azul Tlajinga Fuente: redibujado de Murakami, 2016.	84
Figura 7. Fases del protocolo de análisis arqueométrico.....	88
Figura 8. Diagrama de la elaboración de una imagen infrarroja de falso color. Fuente: Rangel Chávez 2018, 67.....	89
Figura 9. Estratigrafía general de la pintura mural teotihuacana. Izq: estratigrafía pictórica de fragmento de pintura mural de Tlajinga.	114
Figura 10. Ubicación del Barrio de Amanalco en Teotihuacan. Modificado a partir de Murakami, 2016:64.....	116
Figura 11. Mapa topográfico de la sección de Techinantitla. Nótese las trincheras de excavación (T6, T9A..) y la localización de la pintura mural (Millon, 1988:95).	117
Figura 12. Barrio de los murales saqueados donde se indican la localización de las estructuras en Techichantitla y Tlacuilapaxco (Millon, 1988:97).....	117
Figura 13. Mapa topográfico donde se señalan las estructuras del sitio y las trincheras de excavación de donde proceden los fragmentos de pintura mural. Modificado a partir de Millon y Sugiyama 1998, 2.	119
Figura 14. Murales a los que se asocian los fragmentos de pintura mural investigados. Fuente de las imágenes: De la Fuente, 1996.	121
Figura 15. Algunos de los fragmentos con los pigmentos más inusuales de Amanalco. Fotografías realizadas por Isaac Rangel Chávez. Muestra A2 (izq.), muestra A4 (dcha.)	122

Figura 16. Ubicación del Conjunto Plaza de los Jaguares en Teotihuacan. Modificado a partir de Murakami, 2016:64.....	123
Figura 17. Espacios intervenidos en las temporadas 2012, 2013 y 2014. Fuente. (G. D. Rodríguez Torres, 2014, p. 9).....	124
Figura 18. . Plano del Conjunto Patio de los Jaguares con los contextos específicos de los fragmentos de pintura mural. Fuente: Modificado por el autor a partir de De la Fuente: 1996	125
Figura 19. Imágenes del cuarto donde se excavó el Pozo 9 y de la capa donde se recuperó la pintura mural roja sobre adobe. Fuente. (Rodríguez Torres, Romero Meneses, y Castañeda Leños 2013, 95-96)	126
Figura 20. Detalle de la escalera sur y los restos de pintura mural documentada. Fuente Rodríguez Torres, 2014.....	127
Figura 21. Arriba izq. Vista general del Cuarto 8 con el área de saqueo. Arriba. dcha. área de saqueo excavada con los niveles de ocupación expuestos. Abjo. izq. Piso 4 asociado a banqueta roja. Abjo. dcha. Banqueta roja asociada a Piso 4. Fuente: Rodríguez Torres, 2014.	128
Figura 22. Muros con pintura documentados en las excavaciones del corredor de acceso al complejo. Fuente: Sánchez López, 2014, pp. 19-20.	129
Figura 23. Ubicación del distrito de Tlajinga en el plano de Teotihuacan. Fuente de la imagen: Murakami 2010.....	135
Figura 24. Plano del complejo 4:S4W1 (izq.). Vista cenital del conjunto y con los principales hallazgos de la estructura 4 (dcha.) (Carballo et al. 2021, 6-7).....	137
Figura 25. Pintura mural bícroma. Fuente: Cortesía Proyecto PATT.....	138
Figura 26. Plano del complejo 2:S4W1 (izq.). Vista cenital del conjunto y con los principales hallazgos de la estructura 2 (dcha.) (Carballo et al. 2021, 6-7).....	138
Figura 27. Pintura mural polícroma. Fuente: Cortesía Proyecto PATT.....	139
Figura 28. Conjunto de imágenes que ejemplifican los resultados de la técnica imagen IRFC. Fotografías y procesamiento llevado a cabo por Isaac Rangel Chávez.	149
Figura 29. Ejemplos de pigmento rojo bajo microscopía digital con luz difusa (100X).	150
Figura 30. Ejemplos de pigmento rosa bajo microscopía digital con luz difusa (100X).....	152
Figura 31. Superposiciones pictóricas sobre capas de pigmento rosa en los fragmentos de pintura mural de Techinantitla y Tlacuilapaxco.	153

Figura 32. Diagrama cromático CIE a^*b^* de los rojos del conjunto Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco.	154
Figura 33. Espectros de reflectancia de pigmento rojo y rojo anaranjado (A2).	156
Figura 34. Espectro de reflectancia del pigmento rosa (A56).	156
Figura 35. Resultados elementales de la gama roja de Amanalco. Fragmentos A2 y A56. .	157
Figura 36. Espectro IR de la muestra A56 en el que se observan las bandas asociadas a los rojos de Techinantitla y Tlacuilapaxco.	159
Figura 37. Espectro Raman que de un pigmento rosa de Amanalco. Nótese como el espectro combina las bandas características de la hematita (224, 292, 408 y 612 cm^{-1}) y la calcita (152 y 1085 cm^{-1}).	159
Figura 38. Ejemplos de la variedad en la matriz, el tono y el matiz de los pigmentos amarillos en Techinantitla y Tlacuilapaxco. Luz polarizada, 100X.	160
Figura 39. Imagen a 150X. Nótese la presencia de las partículas de color pardo amarillento, así como el resto de los agregados que conforman el pigmento.	161
Figura 40. Muestra A12 donde se observan partículas verdes integradas en la matriz amarilla del pigmento.	162
Figura 41. Diagrama cromático CIE a^*b^* de los amarillos del conjunto Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco.	163
Figura 42. Ejemplo del espectro de reflectancia de los pigmentos amarillos en Techinantitla y Tlacuilapaxco.	163
Figura 43. Ejemplo de los resultados del análisis elemental a los pigmentos amarillos de Techinantitla y Tlacuilapaxco.	164
Figura 44. Espectro IR de tierras naturales amarillas con arcilla tipo caolin.	165
Figura 45. Ejemplo de las dos técnicas de aplicar el pigmento verde en Amanalco, una con pigmentos densos (A17) y otra donde el pigmento está más diluido (A35). Imágenes trabajadas a partir de las fotografías tomadas por Isaac Rangel Chávez.	166
Figura 46. Micrografías a 220X de los dos tipos de pigmento verde de Techinantitla y Tlacuilapaxco. Arriba: Verde, Abajo Verde.	167
Figura 47. Diagrama cromático $a^* b^*$ de los pigmentos verdes de Amanalco.	168
Figura 48. Fotografía con microscopio digital a 200x. Nótese la notoria variedad de tamaños de las partículas verdes.	168
Figura 49. Resultados XRF de los pigmentos verdes del fragmento A17.	170

Figura 50. Espectros de malaquita (arriba), anatasa (abajo. izq.) y de cuarzo y calcita (abajo. dcha.).	171
Figura 51. Imágenes de microscopía digital de los pigmentos azules de Amanalco.	173
Figura 52. Muestra de capa pictórica de Azul Tipo 1 (A13). Nótese la regularidad en el tamaño y la forma de las partículas azules y verdes.	174
Figura 53. Espectros de reflectancia de los azules Tipo 2 de Amanalco.	175
Figura 54. Diagrama cromático de los azules de Amanalco.	176
Figura 55. Resultados XRF del Azul 1 y Azul 2.	176
Figura 56. Espectros Raman del Azul Tipo 1. Arriba. izq: azurita; Arriba. dcha: malaquita. Abjo.: carbón.	178
Figura 57. Espectros Raman de los componentes del Azul Tipo 2. Arrba izq.: espectro de la matriz con los picos característicos de carbón y calcita; Arrba. Dcha. Espectro de carbón con la banda característica del negro de hueso (957 cm^{-1}); Abjo. izq.: espectro de partícula de carbón en la matriz; Abjo. dcha.: espectro de partícula de hematita en la matriz.	179
Figura 58. Imágenes de los dos fragmentos de pintura mural con restos de pigmento negro. A1 (izq.), A59 (dcha.). Fotografía: Isaac Rangel Chávez.	180
Figura 59. Caracterización elemental de los pigmentos negros de Amanalco.	182
Figura 60. Imágenes a 100X de las diferentes variaciones del color rojo del Conjunto Plaza de los Jaguares.	183
Figura 61. Imágenes a 150X de los diferentes pigmentos rojos. Se observan los agregados cristalinos traslúcidos, así como las partículas negras iridiscentes.	184
Figura 62. Imágenes a 200X de los fragmentos de pintura mural con pigmento rojo anaranjado del Conjunto Plaza de los Jaguares.	185
Figura 63. Imagen de electrones retrodispersados donde se observa la diferencia de tamaño entra las partículas de pigmento rojo anaranjado, más claras y brillantes, y las de pigmento rojo guinda, oscuras.	186
Figura 64. Ejemplos de superposición pictórica en la pintura mural del Conjunto Plaza de los Jaguares. Imágenes a 200X.	186
Figura 65. Diagrama cromático CIE a^*b^* del color rojo y sus variaciones cromáticas en el Conjunto Patio de los Jaguares.	187
Figura 66. Espectro de reflectancia de la capa inferior roja y de la capa superior rojo anaranjado.	188

Figura 67. Caracterización elemental del pigmento rojo teotihuacano y rojo anaranjado del Conjunto Plaza de los Jaguares.	189
Figura 68. Imágenes de electrones retrodispersados. Izq. Pigmento rojo de mercurio. Dcha. Pigmento rojo de hierro. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.	190
Figura 69. Espectros Raman obtenidos de los pigmentos rojos del Conjunto Plaza de los Jaguares. Arriba: espectro de cinabrio; Abajo izq.: Espectro de hematita especular; Abajo dcha.: espectro de calcita.	191
Figura 70. Imágenes de electrones secundarios de posibles diatomeas. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañeta Villegas.	192
Figura 71. Imagen a 200X donde se observa alguna de las morfologías o tamaños de los diferentes componentes del pigmento amarillo.....	193
Figura 72. Espectros Raman de goethita (izq.) y de carbón (dcha.).	194
Figura 73. Imágenes a distintas magnitudes de los dos tipos de pigmento verde identificados en el Conjunto Plaza de los Jaguares. Arriba: Verde Tipo 2; Abajo: Verde Tipo 1.....	195
Figura 74. Caracterización elemental de los pigmentos verdes del Conjunto Plaza de los Jaguares.	197
Figura 75. Corpus de imágenes obtenidas con SEM-EDS del pigmento verde QJ05. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.	199
Figura 76. Espectro Raman donde se combinan las bandas de anatasa (verde), goethita (negro) y cuarzo (rojo).	200
Figura 77. Fotografía e imágenes a distintos aumentos del Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares. Fotografía tomada por Isaac Rangel Chávez.	201
Figura 78. Imágenes del mapeo elemental llevado a cabo con SEM-EDS sobre la muestra de Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.	202
Figura 79. Espectro Raman del pigmento Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares.	203
Figura 80. Imágenes a distintas magnificaciones de los pigmentos negros del Conjunto Plaza de los Jaguares.	204
Figura 81. Caracterización elemental de los pigmentos negros del Conjunto Plaza de los Jaguares.	205
Figura 82. Gama cromática del rojo con un aumento de 150X. Arriba dcha. Rojo guinda, Arriba izq. rojo anaranjado, abajo dcha. rosa claro y abajo izq. rosa medio.....	207

Figura 83. Fragmento (PATT10) de pintura mural donde se observan las tres variaciones del rojo citadas en el cuerpo del texto.	207
Figura 84. Diagrama cromático de la gama cromática del rojo. Nótese la variación entre los rojos teotihuacanos (puntos rojo oscuro) y el rojo de matiz anaranjado (puntos naranjas).	208
Figura 85. Diagrama donde se compara la luminosidad (L*) vs saturación (C*). El color de los puntos corresponde a los colores exhibidos en la estructura 4 de Tlajinga, a saber, rosa claro, rosa medio, rojo teotihuacano y anaranjado.	209
Figura 86. Imagen a 200X de la superficie pictórica de un pigmento rojo teotihuacano de Tlajinga. Nótese la variedad de tamaños, formas de las partículas negras laminares.	210
Figura 87. Imagen a 150X de la superficie pictórica del pigmento rojo anaranjado de Tlajinga. Nótese la ausencia de los agregados laminares negros y la ausencia general de agregados.	211
Figura 88. Imágenes a 50X donde se observa la técnica de aplicación de las capas de pigmento en Tlajinga.	212
Figura 89. Imagen a 50X de la muestra PATT10 donde se observa la superposición pictórica rosa/rojo.	212
Figura 90. Espectros de reflectancia de los pigmentos rojo teotihuacano y rojo anaranjado de Tlajinga.	213
Figura 91. Espectro FORS en la región del IRCC donde se observan (en rojo) las bandas asociadas a metilenos.	215
Figura 92. Resultados del análisis de microinfrarrojo. Arriba: área de análisis. Abjo. izq. ref. de cera de abeja. Abjo. dcha: espectro (PATT8) con presencia de bandas asociadas a cera de abeja.	216
Figura 93. Relación Ca/Fe en la gama roja de Tlajinga.	217
Figura 94. Resultados XRF de PATT10. Nótese la correlación entre el aumento/disminución de Fe respecto al Ca.	218
Figura 95. Ejemplo de los resultados XRF de la gama cromática roja normalizados al calcio.	219
Figura 96. Espectros IR de rojo teotihuacano (dcha.) y de rojo anaranjado de Tlajinga.	220
Figura 97. Arriba: Imágenes a 150X donde se observan las diferentes materias primas que componen el pigmento verde en Tlajinga. Abajo izq.: Imagen EDOF a 50X de la estratigrafía	

pictórica del pigmento verde en Tlajinga. Abajo dcha.: imagen a 200X con lux rasante donde se observan las diferentes partículas descritas.....	221
Figura 98. Imágenes a 150X que ejemplifican la diferencia en cantidad y tamaño de las partículas verdes entre el Amanalco y Tlajinga. lq.: Tlajinga; Dcha.: Amanalco.	222
Figura 99. Caracterización elemental normalizada al Ca de los pigmentos verdes de Tlajinga.	223
Figura 100. Espectro IR de la muestra de pigmento verde de pseudomalaquita de PATT6.	224
Figura 101. Imagen a 150X de la muestra PATT7 donde se percibe los agregados de hematita, goethita y carbón.....	225
Figura 102. Imágenes a 200X (EDOF) donde se aprecia el uso del pigmento rosa claro como capa inicial. Nótese los diferentes grosores de la capa pictórica rosa, así como en la nitidez con la que se superponen las capas pictóricas	236
Figura 103. Diagrama cromático de los tres conjuntos investigados. Círculos: Amanalco, Triángulos: Tlajinga; Cuadrados: Conjunto Plaza de los Jaguares. Los colores de cada punto corresponde a los colores de los pigmentos.....	237

Tablas de contenido

Tabla 1. Colores con las longitudes de onda y frecuencia correspondientes.	22
Tabla 2. Fases estilísticas y técnicas y sus indicadores de la pintura mural teotihuacana. Fuente: Lombardo, 1996; Magaloni, 1996.....	81
Tabla 3 Técnicas arqueométricas del protocolo de análisis.	87
Tabla 4. Valores y nomenclatura del sistema CIE L*C*h*	92
Tabla 5. Fases cerámicas con sus lapsos temporales (Cowgill 1997; Rattray 2001a).....	101
Tabla 6. Muestras del Conjunto Patio de los Jaguares estudiadas.....	130
Tabla 7. Corpus de estudio de Tlajinga	140
Tabla 8. Fragmentos de pintura mural de Tlajinga bajo estudio.....	141
Tabla 9. Paleta pictórica bajo investigación, contextos, soportes y temporalidades asociada.	145
Tabla 10, Valores L* C* de los pigmentos rojos de Amanalco.	155
Tabla 11. Valores CIE L*C* de los pigmentos verdes de Amanalco.	166
Tabla 12. Valores CIE L*C* de los pigmentos azules de Amanalco	172
Tabla 13. Valores CIE L*C* de la gama de rojos de Tlajinga.....	208

Tabla 14. Tabla resumen con las composiciones identificadas en la paleta pictórica de los tres conjuntos investigados. 227

Resumen del proyecto

El uso del color es uno de los fenómenos culturales que caracteriza a Teotihuacán, la urbe rectora del período Clásico del Centro de México (ca. 150/200-650 d.n.e). A través de su aplicación en todo tipo de soportes como la cerámica, lapidaria, hueso, textiles y el propio cuerpo humano, el color da forma y dota de significados a la realidad teotihuacana. Sin embargo, a pesar de este profuso uso, aún son escasos los trabajos que abordan su producción y tecnología, siendo necesarias nuevas investigaciones que profundicen el conocimiento actual sobre ello. Así, a partir de pequeños fragmentos de pintura mural desprendidos de tres conjuntos arquitectónicos como son el conjunto Plaza de los Jaguares (*Proyecto de Conservación de Pintura Mural in Situ y en Acervos* (Dir. Gloria D. Torres Rodríguez)), dos estructuras del conjunto arquitectónico de Tlajinga (*Proyecto Arqueológico Tlajinga-Teotihuacan* (Codirs. David M. Carballo y Luis Barba Pingarrón)) y el conjunto arquitectónico de Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco (*Proyecto Amanalco* (Dir. Michael Smith)), se investiga la naturaleza material y la tecnología pigmentaria de estos conjuntos.

Así pues, esta investigación versa en torno a la investigación del color como un fenómeno productivo y tecnológico a partir de los preceptos teórico-metodológicos de la arqueología del color, la antropología de la tecnología y la aplicación del concepto de estilo tecnológico. Es a partir concebir el color como un producto derivado de un sistema productivo complejo y del estudio de su naturaleza material y tecnológica mediante técnicas de análisis fisicoquímicos, desde donde se abordan cuestiones relativas a su tecnología y su producción en la antigua urbe mesoamericana de manera tanto diacrónica como sincrónica, dentro de un lapso temporal de ca. 300 años, desde la fase Tlamimilolpa (250-350 d.n.e.) hasta la fase Xolalpan (350-550 d.n.e.).

Así pues, el objetivo principal del proyecto es ahondar en el conocimiento de la dinámica tecnológica de los materiales colorantes en Teotihuacan a partir de una caracterización de la paleta pictórica exhibida en fragmentos de pintura mural de tres conjuntos arquitectónicos de distinto nivel socioeconómico de la urbe mesoamericana como son las subestructuras del Conjunto Plaza de los Jaguares, el conjunto arquitectónico de Amanalco y dos conjuntos del barrio de Tlajinga. La comparación de los resultados obtenidos entre cada uno de los conjuntos unido a la integración con los datos de investigación previas sobre la tecnología del color teotihuacana permite profundizar en el conocimiento acerca de las materias primas utilizadas, las tecnologías y técnicas aplicadas, las elecciones culturales, así como de las variaciones y permanencias dentro del devenir histórico de la ciudad,

permitiendo así plantear y proponer al color como una industria más dentro del panorama productivo de Teotihuacan.

Presentación de la investigación

Este estudio tiene como objetivo la investigación de los materiales colorantes en Teotihuacan desde una perspectiva tecnológica a partir de una serie de fragmentos de pintura mural provenientes de tres conjuntos arquitectónicos en Teotihuacan, la gran urbe del Centro de México durante el período Clásico (ca. 100/150 d.n.E.-650 d.n.e.).

De esta manera, la presente investigación establece al color como objeto de estudio principal desde una perspectiva tecnológica, entendiéndolo como un producto derivado de un proceso productivo. Con todo, es a través de la pintura mural donde el color alcanza su máxima expresión y riqueza en Teotihuacan, por lo que es este el soporte escogido para investigar la tecnología del color. Para ello, hemos establecido una colaboración con distintos proyectos arqueológicos que cuentan con un notable acervo de fragmentos de pintura mural. Ello ha permitido contar con un *corpus* de estudio que cubre varias fases temporales de la ciudad y que posibilita la realización de un estudio comparativo a nivel diacrónico y sincrónico.

Los proyectos colaboradores de los que hemos obtenido los fragmentos de pintura mural son el *Proyecto de Conservación de Pintura Mural in Situ y en Acervos* (Dir. Gloria D. Torres Rodríguez), el *Proyecto de conservación integral del Complejo Arquitectónico Quetzalpapálotl* (Dir. Verónica Ortega Cabrera), el *Teotihuacan Mapping Project* y el *Proyecto Amanalco* (Dir. Michael Smith), cuyos materiales arqueológicos están resguardados en las instalaciones del *Arizona State University (ASU) Teotihuacan Research Laboratory* en el municipio de San Juan Teotihuacan (Edo. de México) y el *Proyecto Arqueológico Tlajinga Teotihuacan* (codirectores David Carballo y Luis Barba Pingarrón).

Así, a partir de la colaboración con los citados proyectos surge la oportunidad de investigar la tecnología de los materiales colorantes en Teotihuacan de una manera amplia, profunda y comparativa a partir de la comparación entre distintas áreas de la ciudad. Desde una perspectiva teórica y metodológica derivada de la Arqueología del Color y la Antropología de la Tecnología se abordan cuestiones acerca del uso y producción de color en la ciudad a través de un corpus de fragmentos de pintura mural que abarca los dos periodos temporales en los que la ciudad presenta profundos cambios y alcanza su máximo auge, la fase Tlamimilolpa (250-350 d.n.e.) y la fase Xolalpan (350-550 d.n.e.).

El presente texto se estructura en cinco capítulos; en el primero se define grosso modo el color tanto como fenómeno fisicoquímico como fenómeno cultural polifacético. A su vez, se trata al color como un material más dentro de la producción humana y se definen

los conceptos y términos relativos a su naturaleza material que se utilizan a lo largo del texto. Tras ello, se realiza una sucinta historia de los materiales colorantes en Mesoamérica desde una perspectiva tecnológica y teniendo el Preclásico tardío y el Epiclásico como límite temporal, aunque también se hacen algunas referencias puntuales al cromatismo presente en tiempos Posclásicos. Para finalizar esta aproximación al mundo del color en Mesoamérica que sirve como introducción y estado de la cuestión de esta investigación doctoral, se ha elaborado un exhaustivo recorrido por el mundo de los materiales colorantes y su tecnología en Teotihuacan lo que proporciona el marco de información adecuado para el desarrollo de una investigación en la ciudad rectora del período Clásico del Centro de México.

El segundo capítulo corresponde al marco teórico y metodológico desarrollado para la presente investigación. La base teórico-metodológica de la que deriva esta investigación se encuentra en la Arqueología del Color y la Antropología de la Tecnología mediante la incorporación a la discusión del concepto de estilo tecnológico. Por ello, en la primera parte de este capítulo se han definido los alcances, limitaciones y aplicaciones de esta aproximación teórico-metodológica. Una vez definida, el capítulo adquiere un aire reflexivo, en el que, a modo de ensayo, se argumenta y se define la perspectiva tecnológica del color que se aplica en la investigación. Partiendo de la definición de tecnología desarrollada por la Escuela Francesa de Antropología, esta sección del capítulo define conceptos como técnica, sistema tecnológico, tradición, esfera y estilo tecnológicos, para finalmente plantear una propuesta de aplicación a la problemática del color en Teotihuacan.

El tercer capítulo es el dedicado a la contextualización de los materiales de estudio y a la definición del protocolo de análisis arqueométrico aplicado en el estudio. En la primera parte del capítulo se aporta la información referente a los distintos contextos de origen de los fragmentos de pintura mural. Aunque la información sobre los distintos contextos varía en cuanto a cantidad y profundidad hemos tratado de especificar la temporalidad de los contextos, las características que los definen y su posible función. En la segunda parte del capítulo se detalla el protocolo de análisis fisicoquímico que se ha desarrollado y aplicado especificando cada una de las técnicas analíticas utilizadas y la información que obtenemos de cada una de ellas.

El cuarto capítulo es aquel en el que se vuelcan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados sobre los fragmentos de pintura mural. El capítulo lo

hemos estructurado a partir de los tres contextos que se han estudiado, haciendo hincapié en los principales resultados de cada uno de los contextos.

El quinto y último capítulo es el dedicado a la discusión de los resultados arqueométricos a partir del marco teórico propuesto y de las preguntas de investigación planteadas al inicio del manuscrito. La tesis finaliza con las conclusiones, en las que se presentan las nuevas cuestiones derivadas de la presente investigación y que deberán ser abordados en futuros estudios.

Planteamiento del problema, preguntas de investigación hipótesis y objetivos

La investigación aquí planteada mana de las cuestiones surgidas durante la investigación de maestría que realicé en Estudios Mesoamericanos y en la que estudié el mundo del color en el complejo palaciego de Xalla. Lo anterior, sumado a los resultados que han salido a la luz con las últimas investigaciones relacionadas con el color en Teotihuacan, reflejan la necesidad de actualizar los estudios sobre la tecnología pigmentaria de la ciudad y ampliarlos de manera acorde con los avances técnicos y metodológicos de los últimos 10 años y extender el análisis a más contextos de la ciudad.

El estudio del color en Teotihuacan ha sido abordado desde diferentes ámbitos y perspectivas como se verá en el capítulo correspondiente al estado de la cuestión. Grosso modo, la problemática sobre el color en la urbe mesoamericana ha sido estudiada desde dos puntos de vista, la simbólica y la tecnológica. La primera de ellas se ha dedicado a tratar de entender los significados del color en relación con las creencias religiosas y mitológicas de los teotihuacanos, la segunda ha procurado obtener información sobre la naturaleza material de los materiales colorantes y, en menor grado, sobre los procesos de producción implícitos. Es en esta segunda línea en la que se inserta la presente investigación doctoral.

Así, esta experiencia ha permitido observar la complejidad implícita en la elaboración de los materiales colorantes usados por los teotihuacanos para pintar todo tipo de objetos y soportes a lo largo de la historia de la ciudad. La variedad y la gama de materias primas minerales caracterizadas aumenta con cada nuevo estudio, surgiendo así nuevas interrogantes relacionadas con la organización social y espacial del sistema de producción de materias colorantes con la procedencia de materias primas empleadas en la elaboración de

pigmentos, con los procesos términos que pudieron emplearse en la elaboración de ciertos colores o con el uso de aglutinantes para amalgamar el color.

Con todo, son muchos los interrogantes abiertos y con necesidad de ser investigados, por lo que el presente trabajo de investigación pretende abordar la problemática relativa a la tecnología del color en Teotihuacan a partir de un estudio comparativo a nivel espacial y temporal. La posibilidad de investigar la pintura mural de varios contextos arquitectónicos que abarcan varias fases temporales de la ciudad y que representan varios de los nichos socioeconómicos de la ciudad ofrece una gran oportunidad para realizar un estudio comparativo sobre la tecnología del color en Teotihuacan con implicaciones en la esfera socioeconómica relativas a la producción de color, las técnicas pictóricas y el acceso diferencial a ciertos bienes y servicios en Teotihuacan.

En cuanto a los soportes sobre los que vamos a investigar esta problemática, estos se reducen a la pintura mural por varios motivos. El primero de ellos se debe a que es en la pintura mural donde el color alcanza su mayor expresión y riqueza en la ciudad, el segundo porque es en este soporte donde mejor se han conservado los restos de policromía y el tercero porque se han documentado restos de pintura mural en numerosos contextos arquitectónicos de la ciudad lo que nos permite hacer el estudio comparativo que se pretende.

Es necesario precisar que pese que esta investigación tiene como objeto material la pintura mural, ésta únicamente se contempla como el objeto portador de nuestro objeto de estudio que es el color. Por ello no se abordan cuestiones comunes en los estudios sobre pintura mural como es la tecnología del mortero y el enlucido sobre el que se aplica la capa pictórica, el análisis iconográfico de los fragmentos pictóricos o el análisis de su estilo plástico. Por lo tanto, este trabajo focaliza su atención y esfuerzo en la investigación de la parte material y tecnológica del color, argumento sobre el cual se ahondará en el capítulo 3 de la tesis.

Con todo, las preguntas de investigación que contextualizan la investigación son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las materias primas de la paleta pictórica de los contextos teotihuacanos investigados?
2. ¿Hay diferencias tecnológicas entre el color de los distintos conjuntos departamentales con presencia de pintura mural?

3. ¿Existe uno o varios estilos tecnológicos del color en Teotihuacan?
4. ¿Cuál es el desarrollo y/o cambio de la tecnología del color en Teotihuacan a través del tiempo?

Con base en estas interrogantes, surgen las siguientes hipótesis de trabajo:

- **H₁:** Los componentes materiales de la paleta pictórica de los contextos estudiados muestran un patrón en cuanto a su composición y elaboración.
- **H₂:** Existe un único estilo tecnológico en Teotihuacan en lo relativo al color.
- **H₃:** Es posible observar variaciones en la tecnología del color como resultado de los procesos socioeconómicos y políticos acaecidos en el devenir histórico teotihuacano.

Objetivos

Los objetivos de la investigación son los siguientes:

Objetivo general

- Caracterizar los componentes de la paleta pictórica de los diferentes conjuntos teotihuacanos investigados como un elemento esencial para entender la tecnología del color.

Objetivos particulares

- Observar la variabilidad de los materiales que componen la paleta pictórica teotihuacana a partir de la comparación entre los diferentes conjuntos investigados.
- Indagar en las características tecnológicas de los colores a partir del concepto de estilo tecnológico (Lechtman, 1977; Lemonnier, 1991)
- Comparar la tecnología del color entre varios conjuntos y/o sectores teotihuacanos.
- Observar el desarrollo tecnológico del color en los diferentes conjuntos a escala temporal y espacial.

Así pues, una vez expuesto los principales objetivos del estudio y tras plantear las preguntas que marcan y rigen la investigación, es momento de abordar el fenómeno del color en Mesoamérica, de entender su materialidad y su dinámica tecnológica a través de las culturas y regiones que conforman esta área cultural.

Capítulo 1. El color como objeto de estudio arqueológico: el caso mesoamericano

*“(...) los colores que vende son de todo género, colores secos, y
colores molidos, la grana, amarillo claro, la greda (...)”*

Historia General de las Cosas de la Nueva España, S.XVI1.

¹ Sahagún, B. De. (2013). Historia General de las Cosas de Nueva España (M. A. Garibay (ed.)). Editorial Porrúa.

1.1 Introducción a la investigación: el fenómeno del color

El color es un fenómeno polifacético. El significado y la definición de color varía en función de la disciplina desde la que se aborda, la cultura a la que se pertenece y la subjetividad propia. Lo que para un artista es un elemento decorativo de su obra, para un físico será luz, y para un arqueólogo será un artefacto cultural. Por lo tanto, definir el color no es una tarea sencilla.

Para el arqueólogo que estudia el color resulta indispensable, como ocurre con gran parte de los materiales estudiados por la arqueología, la formación en otras disciplinas. La investigación del color requiere acercarse a otras ciencias como la ciencia de los materiales y la geología si se estudian las materias primas usadas para elaborar el color, la antropología y la etnografía si se investiga sobre las tecnologías, elecciones y usos/funciones del color entre una sociedad, o la semiótica y la psicología cognitiva, cuando el interés se centra en la percepción del color y en sus asociaciones con el mundo mágico-religioso, y con la cosmovisión, por señalar algunas.

Para aproximarnos al mundo del color resulta entonces necesario recurrir a la investigación transdisciplinaria, ya que como señala George Roque (2003, 18) “no hay color percibido sin nombre del color, de ahí la importancia de la lingüística. No hay color sin técnica, de ahí la importancia de entre otras la química. No hay color sin forma, de ahí la importancia de la historia del arte. No hay color sin sociedad, de ahí la importancia de la sociología y de la antropología. No hay color sin simbología, de ahí la importancia de la filosofía de la semántica, de la semiótica”.

Definir el color no es algo sencillo, ya que abarca tanto aspectos cognitivos como físicos, sin embargo, es un buen comienzo a la hora de investigar el color definirlo como un fenómeno tanto fisicoquímico como cultural. Así para comenzar a conceptualizar el color como objeto de estudio arqueológico, es preciso primero comprender los aspectos físicos y químicos que hacen del color, entendido como un material colorante, algo tangible.

El color como fenómeno físico y químico

El entendimiento científico del color comienza en 1666, cuando Newton usa por primera vez la palabra “espectro” para la gama de colores producida por un prisma de vidrio.

Reconoció que los colores que componen la luz blanca se "refractan" en diferentes grados, por lo que el color es percibido cuando la luz de las diversas longitudes de onda que constituyen la luz blanca son absorbidas, reflejadas, refractadas, dispersas o difractadas selectivamente por la materia en el camino hacia nuestros ojos.

Como fenómeno físico, el color puede ser definido como luz, ya que es a partir de este fenómeno electromagnético por lo que se genera. Se ha definido el color como la apariencia subjetiva de la luz detectada por el ojo al interactuar ésta con la materia. Así, el color se genera debido a que los objetos que conforman la realidad tienen la propiedad de retener una parte de la luz con determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético que incide en su superficie y de reflejar luz de otras longitudes de onda.

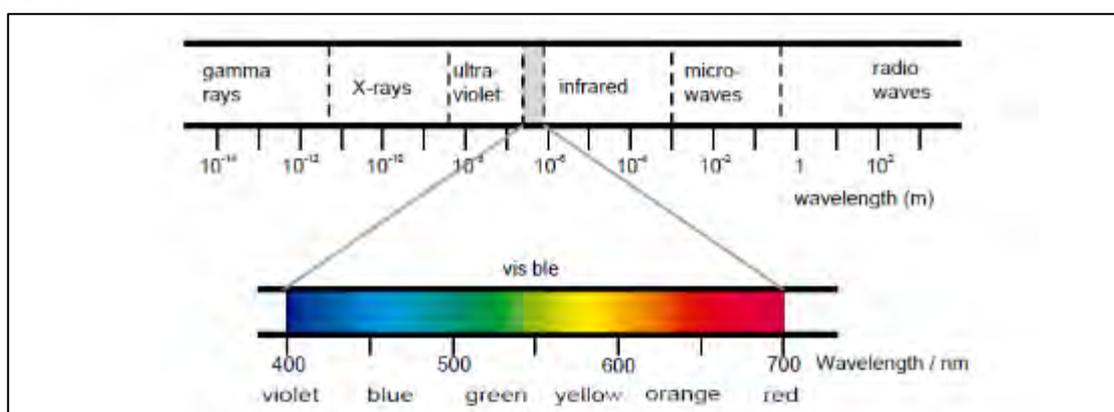


Figura 1. El espectro electromagnético. El espectro visible ocupa sólo una pequeña parte del espectro total. Fuente Tilley, 2011, p. 2.

Nuestro sistema de percepción visual nos da la capacidad de reconocer una parte de la luz reflejada y dispersada con ciertas longitudes de onda -entre 400 y 700 nm y, como resultado de este proceso, identificamos colores que atribuimos que atribuimos a una superficie (Figura 1) (Tabla 1) (Ferrer Franquesa y Gómez Fontanills 2013; Tilley 2011).

Tabla 1. Colores con las longitudes de onda y frecuencia correspondientes.

<i>Color</i>	<i>Longitud de onda λ (nm)</i>	<i>Frecuencia (Hz)</i>
Rojo (límite)	700	4.28×10^{14}
Rojo	650	4.61×10^{14}
Naranja	600	5.00×10^{14}
Amarillo	580	5.17×10^{14}
Verde/amarillento	550	5.45×10^{14}
Cyan	500	6.00×10^{14}
Azul	450	6.66×10^{14}
Violeta	400	7.50×10^{14}

Nuestro sistema visual está organizado para acentuar las diferencias, tanto de luminosidad como de tonalidad. Así se explica el fenómeno de contraste, sobre todo en la región de contacto entre zonas yuxtapuestas, ya sean claras y oscuras, o de dos colores distintos (Georges Roque 2003, 266). Así, el color no es una parte integral de los materiales, sino que deriva de una variedad de percepciones y fenómenos variables como la cantidad y la duración de la luz, la humedad del ambiente, efectos del soporte o incluso la edad del observador (Houston 2009, 3; Habekost 2019).

El color es por tanto un fenómeno físico resultado de la interacción de la luz con la materia, aunque también puede ser definido como una sensación o percepción, cuando se describe a través de sus tres atributos: (1) matiz, (2) saturación y (3) luminosidad/tono, parámetros que serán utilizados a lo largo de este texto para definir la paleta pictórica bajo estudio. El **matiz** contribuye al elemento definitorio de la sensación de color, como la luz con un conjunto de longitudes de onda percibidas que corresponden a etiquetas comunes tales como verde o rojo, la **saturación** o la pureza de color, a menudo a través de la mezcla con el blanco o el negro, y la **luminosidad** o **tono** caracteriza las gradaciones desde el oscuro hasta el claro (Figura 2) (Houston 2009, 3–4; Nassau 1998).

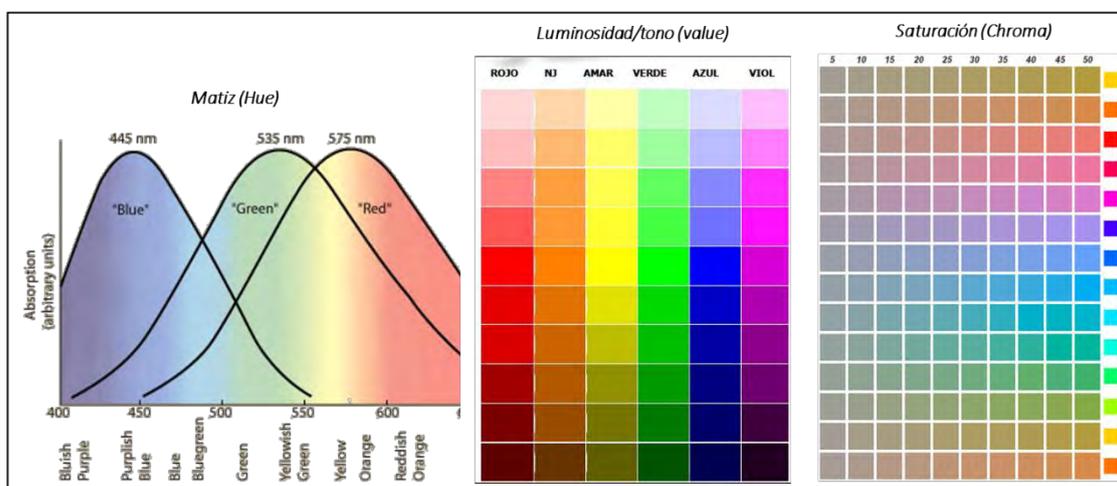


Figura 2. Atributos del color. Estas fotos de autor desconocido están bajo licencia [CC BY-SA-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Así pues, debido a la interacción de la luz con la materia y su naturaleza existen 15 mecanismos físicos y químicos que originan el color. Estos pueden agruparse en cinco grupos basados en los mecanismos fundamentales involucrados: –vibraciones simples y excitaciones, la teoría de bandas de energía, la óptica y física geométrica, la teoría de los orbitales moleculares y la teoría de campos de ligandos. Sin ser objetivo de esta tesis explicar en profundidad las causas físicas y químicas, es importante al menos conocer,

aunque sea de manera somera, aquellas causas fisicoquímicas responsables de generar el color. Lo anterior debido, a que parte de la propia metodología de análisis, se fundamenta en la caracterización de este tipo de mecanismos y fenómenos. Los grupos y los mecanismos que generan el color son los siguientes (Habekost 2019; Nassau 1998; Shevell 2003):

- Grupo I: Vibraciones y excitaciones simples.
 1. Color por incandescencia: el término incandescente se usa para hacer referencia a luz emitida por temperatura. La incandescencia se produce por cualquier material al estar a alta temperatura de manera que los átomos y moléculas emiten parte de su energía vibracional en forma de fotones.
 2. Color por la excitación de un gas: el color se genera por la excitación de los electrones debido a la adición de energía. La luz se produce cuando parte o la totalidad del exceso de energía se emite como fotón en el proceso de excitación del gas como en las luces de neón.
 3. Color por las vibraciones y rotaciones: Los estados de excitación vibracional se producen en las moléculas H₂O del agua. Las tres frecuencias fundamentales se producen en longitudes superiores a 2500 nm, pero las combinaciones y sobretonos de éstas se propagan con intensidades muy débiles justo en el extremo rojo del espectro visible causando el color azul complementario del agua y del hielo.
- Grupo II: Transiciones electrónicas que involucran los efectos de la teoría de campo de ligandos².
 4. Compuestos metálicos de transición: En la mayoría de las sustancias inorgánicas se requiere una gran energía para excitar uno de los pares de electrones, por lo que las absorciones electrónicas suelen producirse en el intervalo de la luz ultravioleta. La absorción de la luz puede producirse entonces a energías más bajas en la región visible del espectro. Esto da

² La teoría de campo de ligandos describe el enlace, disposición de orbitales y otras características de los complejos de coordinación. Representa una aplicación de la teoría del orbital molecular a los complejos de metales de transición Fuente: (Habekost 2019; Nassau 1998; Shevell 2003).

lugar a los colores del campo de ligandos de este mecanismo y proporciona los colores de muchos minerales y pigmentos de pintura.

5. Impurezas metálicas: el color se produce debido a que el metal de transición es una impureza en un material que de otra forma sería incoloro como ocurre con el rubí, la esmeralda o el verde del jade.
- Grupos III: efectos orbitales moleculares.
 6. Compuestos orgánicos: en este mecanismo el color se deriva de los orbitales moleculares de los compuestos orgánicos, donde los electrones involucrados en las transiciones que causan el color pertenecen a varios átomos dentro de la molécula como la clorofila o el índigo.
 7. Compuestos de transferencia de cargas electrónicas: el color se produce por el movimiento de un electrón de unión de un elemento de transición a otro inducido por la absorción de energía de un fotón como en el zafiro azul o el lapislázuli.
- Grupo IV: Efectos de la teoría de bandas energéticas ³.
 8. Color en metales y aleaciones. Cuando los fotones llegan a los metales y son absorbidos se generan corrientes eléctricas alternas que reemiten inmediatamente el fotón produciendo así el color y reflejo de los metales según la teoría de bandas energéticas en metales como en el oro, la plata o el cobre.
 9. Color en semiconductores. En algunos materiales es posible que se produzca una “brecha de banda”, dentro de la banda, con importantes consecuencias para el color. Esto ocurre cuando hay exactamente 4.5 electrones de valencia externos por átomo disponibles para ingresar en la “banda prohibida⁴ como ocurre el amarillo de cadmio o el bermellón.
 10. Color en semiconductores dopados. Se produce por los niveles adicionales de energía generados por impurezas agregadas (dopantes) dentro de la

³ Teoría según la cual se describe la estructura electrónica de un material como una estructura de bandas electrónicas, o simplemente estructura de bandas de energía. La teoría se basa en el hecho de que en una molécula los orbitales de un átomo se solapan produciendo un número discreto de orbitales moleculares. Fuente: (Habekost 2019; Nassau 1998; Shevell 2003).

⁴ La banda prohibida, brecha de bandas o brecha energética, en la física del estado sólido y otros campos relacionados, es la diferencia de energía entre la parte superior de la banda de valencia y la parte inferior de la banda de conducción (Habekost 2019; Nassau 1998; Shevell 2003).

banda prohibida generando cambios en el color, pudiendo los electrones ser transmitidos a energías menores que la “banda prohibida” como los diamantes azules o amarillos.

11. Centros de color⁵. Producido por la pérdida de electrones al absorber radiación energética y formar un centro de electrones o huecos que se convierte en el centro de color que absorbe la luz para dar color como la sucede en la amatista o el topacio.

- Grupo V: Efectos de física y geometría óptica:

12. Polarización: Este mecanismo implica la variación del índice de refracción con la longitud de onda. Incluso un material transparente e incoloro tiene absorciones en la región de la luz ultravioleta (por excitaciones electrónicas) y en el infrarrojo (por vibraciones atómicas y moleculares) que dan lugar a la disminución del índice de refracción en la región visible dando como resultado colores como en el arcoíris.

13. Dispersión (*scattering*): En este mecanismo varía la intensidad de la luz de acuerdo con su longitud de onda, lo que da lugar al azul del cielo o los colores del atardecer.

14. Interferencia sin difracción: El color se produce *grosso modo* cuando en determinadas circunstancias se da la superposición de dos ondas electromagnéticas. Con ciertas condiciones el fenómeno de interferencia da lugar a patrones con franjas de color como en las pompas de jabón.

15. Difracción: se refiere a la difusión de la luz en los bordes de un obstáculo o rejillas de difracción como en algunos insectos o en el ópalo.

Para comprender los mecanismos de las causas del color es necesario tener claro que estas causas están ligadas a las interacciones de los electrones presentes en las estructuras atómicas de la materia producidas por energía en forma de luz.

Así, dado que el color es resultado de la interacción de la luz con la materia y responde a una serie de fenómenos físicoquímicos concretos es un fenómeno medible.

⁵ Un centro de color es un tipo de defecto cristalográfico en el que un anión vacante en un cristal se llena con uno o más electrones, dependiendo de la carga de los iones desaparecidos en el cristal. Los electrones en dichos sitios vacantes o huecos tienden a absorber la luz en el espectro visible de forma que un material que suele ser transparente se vuelve de color (Habekost 2019; Nassau 1998; Shevell 2003).

La medición de los fenómenos fisicoquímicos que están involucrados en la generación del color permite que sea posible analizarlo de una manera objetiva. Para ello se han creado métodos para clasificar el color por medio de valores cuantitativos y cualitativos llamados sistema de colores. Un sistema de color incluye tanto sistemas de apariencia del color, como es sistema Munsell, y sistemas de mezcla del color -como el RGB o el CIELab (Ohta y Robertson 2005; Nassau 1998).

Los sistemas de apariencia de color se fundamentan en la percepción del color, pero se definen y/o ilustran en términos de estándares de material (por ejemplo, tarjetas de color) y su apariencia bajo condiciones específicas. Los sistemas de mezcla de colores se basan en las cantidades de luz de color combinadas necesarias para obtener un color. Los sistemas de apariencia del color como el Munsell se basan en la clasificación del color a partir del matiz, del tono y de la luminosidad (Figura 3), siendo un sistema subjetivo basado en la percepción del color (Ohta y Robertson 2005).

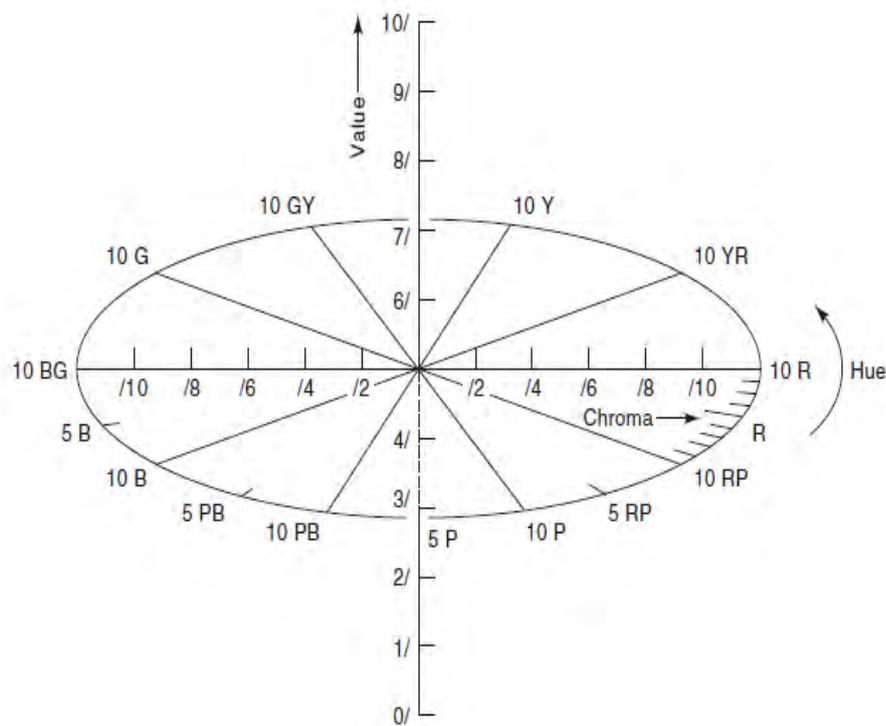


Figura 3. Sistema de color Munsell. Fuente Habekfost 20019, 6

Los sistemas de color aditivos o de mezcla principales son, como se ha citado líneas arriba el sistema RGB y el sistema CIE $L^*a^*b^*$. El espacio RGB es un espacio de color basado en los tres colores primarios, rojo (R), verde (G) y azul (B) creado por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE por sus siglas en francés) en 1931. Es un sistema aditivo que explica la creación de colores a partir los tres colores primarios. Al sumar dos colores primarios se obtienen los secundarios, cian, amarillo y verde; y de la suma de los tres primarios se obtiene el color blanco (Figura 4 izq.). A partir de estos tres colores se crea el espacio de color tridimensional a partir tres coordenadas (R, G y B), donde el valor (F) correspondería al color RGB medido (Figura 4 dcha.) (Rangel Chávez 2018; Ohta y Robertson 2005, 5).

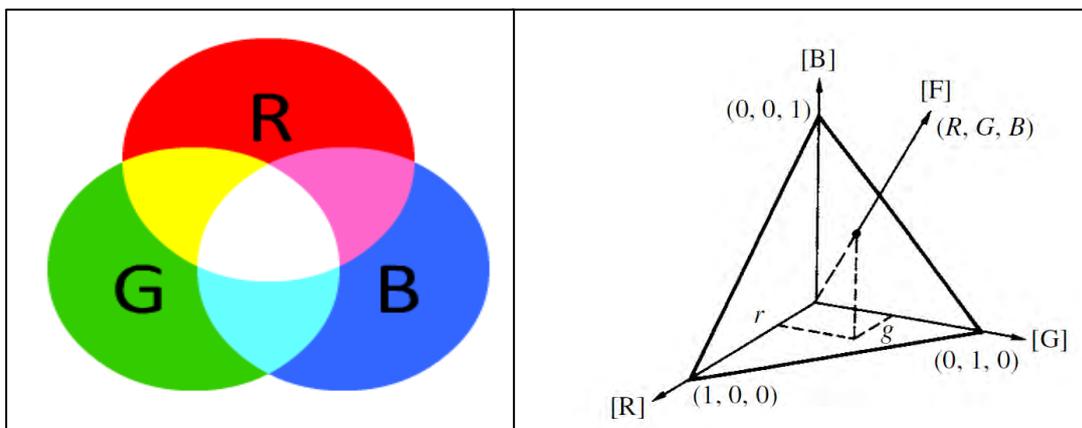


Figura 4. Sistema aditivo de colores (izq.) y diagrama cromático con las coordenadas RGB (dcha.). Fuente (izq.) Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA;(dcha.) Ohta y Robertson 2005, 66.

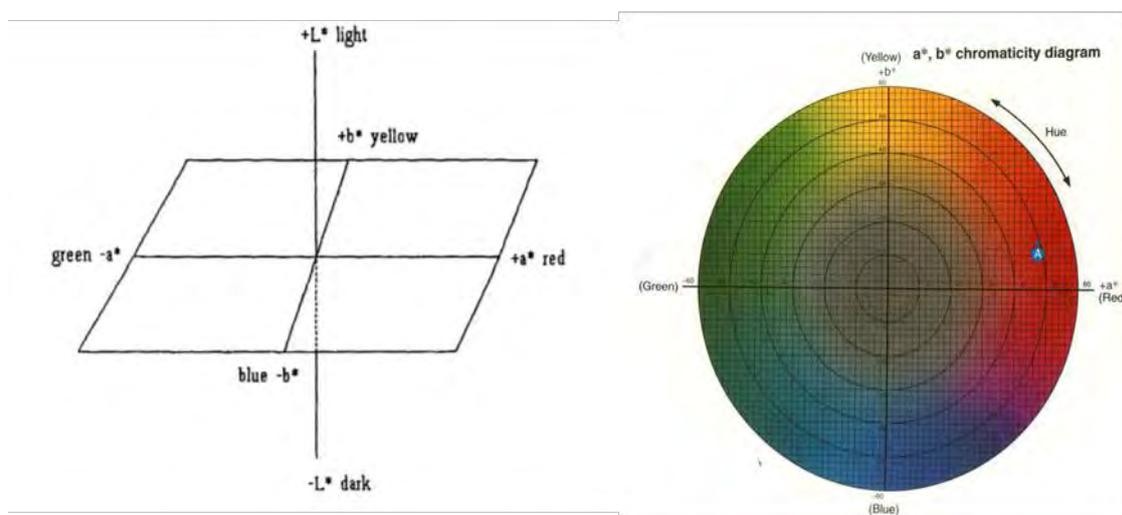


Figura 5. Espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ y diagrama cromático a^*b^* . Fuente: Schanda 2007; Nassau 1998.

El sistema CIE $L^*a^*b^*$ por su parte intenta simular matemáticamente la percepción de color y proporcionar un procedimiento estandarizado para medir y cuantificar esa percepción. El espacio de color CIELAB busca cuantificar mediante valores la manera perceptual y uniforme en la que los humanos perciben el color. El sistema de color CIE $L^*a^*b^*$ recrea un espacio tridimensional elaborado a partir de tres ejes o valores, el eje “L” que representa a la luminosidad con un intervalo que va desde cero (perfecto negro) a cien (perfecto blanco), el eje “a” que representa los matices verdes (-a) y rojo (+a) y el eje “b” que representa los matices azules (-b) y amarillos (+b) (Figura 5). Este espacio de color fue definido por la CIE en 1976 y utiliza distintas fuentes de iluminación -la medición del color requiere de fuentes de iluminación-, siendo la más utilizada para recrear la luz del día la D65 (Schanda 2007; Nassau 1998).

Este es el espacio de color utilizado para medir y clasificar los colores de la paleta cromática teotihuacana mediante la técnica de espectrocolorimetría que se detalla en el siguiente capítulo.

El color como fenómeno cultural

Una vez definido el color como un fenómeno físico es momento de abordar la otra cara fundamental del color, y es su papel como elemento cultural que ha acompañado al ser humano desde los albores del tiempo. Como fenómeno cultural el color forma parte de un sistema complejo que tiene diversas manifestaciones en la vida material y en la vida social de una cultura y que están ligadas en el tiempo y el espacio a los materiales con los que se elaboraron los colores, y, por tanto, también a sus creadores. A lo largo de la historia, la relación de las sociedades con el color ha cambiado en función del nivel de desarrollo de su cultura material, así como de sus componentes espirituales y artísticos, desde la transición gradual de la conciencia mitológica al conocimiento científico de la naturaleza de los fenómenos del color. Desde los tiempos prehistóricos hasta nuestra época, la información sobre el color fue interpretada en símbolos gráficos y sistemas de color (Nesterov y Fedorova 2017).

La utilización del color se relaciona estrechamente con las ideas que elaboran los grupos humanos acerca del mundo en el que viven. Desde la cosmovisión, el cuestionamiento sobre el color en las culturas prehispánicas abarca un aspecto específico de percepción y de reproducción de los colores ya que el color transforma

diametralmente las sensaciones y la percepción de la realidad. El color está presente en la realidad humana y remite a un escenario de la vida cotidiana donde las sociedades y culturas a través del tiempo le han otorgado distintos valores, y distintos usos. De esta forma, el color cumple múltiples funciones dentro de su universo cultural (Gómez Gastélum 2006; Gage 1999; 2001; Georges Roque 2003; VV. AA. 2016).

El color aplicado en la arquitectura, la escultura, la pintura mural, los atavíos de las élites mesoamericanas o en cualquier tipo de soporte contribuye, a partir de la mimesis con la naturaleza o de complejas asociaciones simbólicas, a la construcción del mundo, fungiendo a su vez como un transmisor de información y códigos culturales. El uso del color en sus múltiples manifestaciones nunca es meramente intuitivo, sino que forma parte del universo cultural de una sociedad. Los colores y las combinaciones entre ellos no se eligen por mera intuición, sino que se escogen en un proceso de imitación del mundo natural y a través de asociaciones simbólicas entre códigos cromáticos, elementos de la naturaleza, formas, signos y materias primas (Georges Roque 2003; Sahlins 1976).

El color funge entonces como un transmisor de información codificada a través de su asociación con su soporte, con el contexto en el que se sitúa y con las figuras y signos que detalla y define. Las estructuras cromáticas presentes en los diseños pictóricos, plasmados en monumentos públicos y conjuntos domésticos y en conjuntos administrativos, eran utilizadas por las sociedades antiguas como un medio privilegiado de comunicación. Los grupos humanos accedían así a temas religiosos que asimilaban y entendían, pues las estructuras cromáticas reflejan y refuerzan la estructura de la existencia y de la cosmovisión que posee un grupo cultural (Wright 2010, 300).

Dentro de la esfera social del color, el aspecto simbólico es uno de los temas más estudiados en el binomio color-cultura y a la vez de los más complejos. Para la semiótica, interesada grosso modo en conocer el significado simbólico y su función como sistema de transmisión de información, el color es una magnitud fenoménica en la que se interroga por los atributos cromáticos del objeto o fenómeno estudiado. La semiótica define al color como una propiedad liminar entre el objeto y el sujeto que provoca sensaciones y percepciones que se entrelazan con la cosmovisión de cada sociedad (Flores Ortiz 2019). A pesar de los desafíos que involucra, ya que exige un profundo conocimiento sobre la cosmovisión y la propia concepción de la realidad de la sociedad en cuestión, el análisis de los códigos cromáticos y su presencia en la mitología de los

pueblos prehispánicos ha permitido aprehender el papel que tuvo el color, por ejemplo, en los mitos de origen y en la creación del mundo entre los pueblos del Posclásico Mesoamericano (Dupey García 2018).

Así, queda presente que los colores no tienen una relación privilegiada con un significado particular, sino que sus asociaciones son dinámicas como el propio pensamiento mesoamericano, adaptándose a las necesidades y particularidades de cada grupo cultural. Las estructuras y antagonismos cromáticos tan característicos del mundo mesoamericano son el medio mediante el cual el color sirve para dar realidad y sentido de orden, distinción y diferenciación, ya que la base filosófica del pensamiento mesoamericano es la unión de contrarios y los colores se estructuran en binomios de oposición (Magaloni Kerpel 2003, 199). Los colores, en el contexto formal y estilístico propio de cada cultura, aislados o en complejas estructuras cromáticas, conforman, junto con el contexto en el que son aplicados, una red informativa compleja de índole cultural y simbólico. En este sentido Jorge Angulo señala que:

(...) toda expresión artística encierra un mensaje dirigido a una comunidad o una élite, la pintura contiene significados específicos codificados en símbolos que pueden ser leídos o comprendidos por sus contemporáneos, como si se tratara de un sistema de escritura plasmado en una expresión pictórica que utiliza un lenguaje gráfico compuesto de símbolos y signos (...) (Angulo Villaseñor 1996a, 68)

Un ejemplo de lo señalado anteriormente lo encontramos en los mitos fundacionales prehispánicos, en la definición de los vientos, en la designación de la tierra agrícola, o en las complejas estructuras cromáticas de los textiles de poblaciones indígenas actuales, a partir de códigos de diferenciación, distinción e identificación entre estos aspectos de la realidad diaria y los colores (Dupey García 2004; 2018; Dehouve 2003).

Así, vemos que el color es algo más que un elemento decorativo, los colores tienen una utilidad, una función dentro de una cultura o una sociedad y cumplen, por tanto, un papel concreto a nivel sociocultural. Como se señala en el párrafo anterior, el color cumple una función clasificatoria a nivel social, ya que en un primer término los colores sirven para diferenciar. El color actúa como un importante medio en la construcción de diferencias y desempeña un papel fundamental en los sistemas culturales por medio de las clasificaciones de objetos o diseños y en relación con categorías semánticas. Los sistemas culturales se constituyen a partir de la relación de

varias clasificaciones y en este sentido el color es de gran relevancia, en la medida en que permite precisamente articular varios sistemas clasificatorios (Jones 2002, 13; Georges Roque 2003).

Otra de las funciones sociales que tiene el color es la de distinguir, una facultad que como señala G. Roque (2003, 270) se parece a la diferenciar, pero los fines difieren. La distinción en la que participa el color es una función eminentemente social que implica comunicar o transmitir una distinción en todos sus sentidos. Entre las sociedades antiguas las distinciones son patentes a nivel intergrupar para reconocer a miembros de un mismo grupo y al mismo tiempo de distinción respecto a otros grupos. Fungen también como elemento distintivo de diversas categorías, grupos o niveles socioeconómicos o jerárquicos distintos dentro de la sociedad y reforzar la identidad como individuo (Georges Roque 2003, 271–73).

En este último sentido los colores han tenido un papel principal en la distinción de capas sociales o jerarquías en la Antigüedad como ejemplifica el uso del negro entre los sacerdotes nahuas, el púrpura en el mundo de la Roma antigua o el rojo “escarlata” en el siglo XV. Este tipo de información es la que R. Blanton (1994, 137–40) denomina como “indéxica”, una información transmitida a través de códigos y estructuras simbólicas plasmados en vestimentas, elementos decorativos, pintura corporal u otro tipo de elemento que proporciona al espectador información sobre el estatus social o familiar, la identidad étnica o el estatus socioeconómico de un individuo o grupo de individuos dentro de una sociedad. Entre todos estos elementos, de manera intercalada, está el color, otorgando realidades y asociaciones que sin su presencia serían difíciles de comprender e incluso pasarían inadvertidas.

EL color como fenómeno cultural también tiene una parte tecnológica y debe ser estudiado desde la esfera productiva y tecnológica, en la que se entrelazan materias primas, herramientas, técnicas o elecciones entre otras cosas. La investigación sobre los colores mesoamericanos ha demostrado que las culturas precolombinas no concibieron el color de una forma abstracta. Más bien, se asignó valor a los colores sobre una base material, porque en la cosmovisión mesoamericana, los materiales eran portadores de identidades complejas, resultantes de su origen animal, vegetal o mineral, de sus propiedades físicas, o de su procedencia real o imaginaria, entre otros atributos. Por lo tanto, el estudio de la materialidad del color abre nuevas perspectivas para dilucidar el

significado del color en las culturas mesoamericanas (Dupey García y Vázquez de Ágredos Pascual 2018a, 5).

El último aspecto del color como fenómeno cultural que vamos a tocar es como material, como producto, ya que como señala Phillip Ball (2003, 21) “Los pigmentos no son sencilla y únicamente color, sino sustancias con propiedades y atributos específicos, sin olvidar entre éstos el precio...”. Es de suma importancia conocer cómo se hizo un objeto y de qué está hecho, debido a la jerarquía de valores inherente a los propios materiales y técnicas ¿Qué materias primas están involucradas en la elaboración de color? El color involucra de manera general dos o tres elementos en función de su naturaleza orgánica o mineral, de la materia prima generadora del color que puede ser una hematita para el rojo o el añil para el azul maya, de las cargas o agregados que se utilizan para dotar de ciertas propiedades físicas o lumínicas al pigmento o del colorante y el vehículo, es decir, el material utilizado para ligar los materiales de la composición y dotar de las propiedades necesarias al compuesto para que pueda ser aplicado al soporte pictórico (Gage 2001).

En su texto sobre el color en el área maya, Stephen Houston (2009, 61) señala que un mineral debe poseer las siguientes tres propiedades para producir un pigmento de pintura eficaz: alta intensidad de color cuando se muele hasta obtener un polvo fino; un índice de refracción lo suficientemente alto como para proporcionar poder cubriente y opacidad; y permanencia a la luz y a la atmósfera. En los pigmentos, el color se da por las longitudes de onda absorbidas, así como por el tamaño, la forma y la textura de las partículas o granos que lo componen. Otro factor que influye en el color de un pigmento es el grado de hidratación. La preparación del pigmento es un factor esencial que determina el color final del producto. El caso de la malaquita es un buen ejemplo de esto ya que su molido excesivo hace que se genere un pigmento apagado de matiz grisáceo (Cennini 1947; Rapp 2009).

El color como elemento material

Para hablar del color como material, es necesario definir algunos términos, que se irán utilizando a lo largo de todo el texto. Para hacer referencia de manera general a aquellos materiales, orgánicos o inorgánicos, que tienen la capacidad de brindar color, se usará el término de **materiales colorantes**.

Por otro lado, se hará uso del término **pigmento** para hacer referencia a un material colorante de origen inorgánico y mineral. Son materiales inertes e insolubles que se suelen emplear en polvo. Según su naturaleza pueden ser naturales, como las tierras naturales, el cinabrio o la malaquita o sintéticos como el Azul Egipcio o el Púrpura Han.

Así, el término **aglutinante** hace referencia a sustancia que se emplea para dar cuerpo al pigmento, para mantenerlo unido entre sí, aglutinándolo y facilitando su aplicación y adherencia a un soporte determinado. Se suele dividir según su naturaleza en orgánicos como las resinas naturales, la caseína, la cera, el mucílago de orquídea o la baba de nopal e inorgánicos como la cal, las tierras diatomeas o el yeso (Doerner 2011; Rapp 2009; Sepúlveda y Wright 2018).

El término **carga** o **agregado** hacen referencia a los materiales que se agregan a una mezcla para modificar algunas de sus propiedades físicas como la adhesión u otorgarle ciertas características al producto final como brillos e iridiscencias o matices o tonos concretos. Por su parte, el término aglutinante se define como la sustancia que se emplea para dar cuerpo al pigmento y para poder aplicarlo sobre las superficies pictóricas, además permite mejorar la cohesión de los diferentes elementos. Los aglutinantes naturales pueden tener tres orígenes, animal (huevo o cera), mineral (agua con cal o arcilla) o vegetal (polisacáridos o almidones). Un ejemplo de esto último son las gomas, las resinas, los aceites o las ceras vegetales como hemos citado anteriormente (Sepúlveda y Wright 2018).

Por su parte, un **colorante** es una sustancia colorante de origen orgánico, procedente algunas especies vegetales o insectos. Este tipo de materiales colorantes son incompatibles con algunas técnicas pictóricas como el fresco, ya que se alteran o degradan al estar en contacto con la cal. A medio camino entre los pigmentos y los colorantes se encuentran los **pigmentos laca** o **mixtos**. Estos pigmentos híbridos se conforman a partir de un colorante orgánico y un sustrato, como en el caso del azul maya. En este caso, el colorante sería el índigo y el sustrato la arcilla paligorskita (Rapp 2009; Sepúlveda y Wright 2018).

1.2 Estado de la cuestión. El color entre las sociedades antiguas: el caso Mesoamericano

En esta sección pretendemos dar un recorrido al mundo del color en Mesoamérica. La sección se divide en tres puntos, el primero dedicado a conocer cómo se ha estudiado y reportado el fenómeno del color en Mesoamérica, el segundo dedicado a indagar sobre la tecnología del color en Mesoamérica desde un punto de vista tecnológico con el objetivo de contextualizar las continuidades y variaciones que ha sufrido a lo largo de la historia en lo que, a sus materias primas, usos y paletas pictóricas se refiere y por último el dedicado exclusivamente a conocer el estado de la cuestión sobre el color y su tecnología en Teotihuacan.

Historiografía del color en Mesoamérica⁶. Del siglo XVI a las tendencias actuales⁷. El color, en todos sus formatos y naturalezas ha estado presente en las sociedades mesoamericanas. A través de los recursos obtenidos de los variados ecosistemas que conforma el mapa mesoamericano, las sociedades que se desarrollaron desde el inicio del sedentarismo agrícola, allá por el 2500 a.n.e., muestran un desarrollo en cuanto a los usos y el papel del color. Desde los primeros usos del rojo en el Preclásico, pasando por la profusión polícroma del arte maya clásico hasta el desarrollo de una auténtica “industria” del color en el Posclásico el color está presente en la vida de los mesoamericanos.

Las primeras fuentes sobre la policromía prehispánica provienen de los siglos XVI y XVII, a partir de las descripciones que se hicieron de los monumentos y los edificios a partir de la conquista española. Ejemplo de lo anterior es el caso de la descripción que hacen de la arquitectura y las esculturas de México-Tenochtitlan Sahagún y Bernal Díaz del Castillo (Díaz del Castillo 2011; Sahagún 2013) o fray Diego de Landa (Landa 2011) para el área maya. Otros ejemplos notorios son los casos de fray Bartolomé de las Casas o el protomédico y botánico Francisco Hernández (Hernández et al. 1888), quienes ofrecen una detallada descripción de los tipos y variedades de pigmentos y colorantes que se vendían en el mercado de Tlatelolco, de las materias primas con las que se conformaban, y de algunas de sus propiedades o características (Sahagún 2013). Como

⁶ Los estudios sobre el color en Teotihuacan se tratan de manera específica en la sección 1.2 de este capítulo.

⁷ La estructura de la sección y la información expuesta ha sido modificada por el autor a partir del material proporcionado por Élodie Dupey García en la materia del Posgrado en Estudios Mesoamericanos *Color y Materialidad en el mundo Náhuatl Prehispánico* cursada en el semestre 2018-1.

señala. Roque (2016, 52A) el mundo relatado por las fuentes históricas del siglo XVI y XVII refleja un mundo lleno de colores generado a partir de la pintura corporal, los atavíos y vestimentas rituales, los monumentos, esculturas o en las vajillas en donde el color daba sentido, forma y significado a la vida mesoamericana.

Durante el siglo XIX, en plena época de la exploración de las ruinas prehispánicas en México, un buen número de exploradores reportan la presencia de policromía en las ruinas arqueológicas que redescubrían. A partir de la pintura, los grabados, la fotografía y las descripciones en sus diarios de campo se documenta la presencia y conservación de la policromía en los monumentos prehispánicos. En sus recorridos por Yucatán, entre 1840 y 1841, John Lloyd Stephens y Frederick Catherwood describen y plasman la policromía preservada en las esculturas y monumentos que observaban. Gracias a la formación de Catherwood como artista, éste percibió la técnica de estas pinturas como el buen fresco con colores elaborados a partir de ricas mezclas de materiales y superposiciones de color (Vázquez de Ágredos Pascual 2010, 40–41). Por su parte, Stephens (1847) describe la arquitectura de Mayapán, dejando testimonio de que en efecto se trata de una arquitectura pintada. En sus propias palabras dice sobre estas estructuras: “hay restos de pintura, en donde rojo, amarillo, azul y blanco son claramente visibles”.

Otros ejemplos que sirven para ejemplificar este mundo a color son los casos del explorador, arqueólogo y fotógrafo francés Desiré Charnay, quien recopiló las descripciones de los distintos sitios que visitó, que aunque hacían mención a los colores, se centraban principalmente en la interpretación iconográfica (Charnay et al. 1994); los trabajos de la pintora británica Adela Bretón en Chichén Itzá (McVicker 2005) que le permitieron afirmar que el artista maya había combinado la técnica del fresco y el secco o de Teoberto Maler quien documentó con más frecuencia las superficies policromadas de monumentos mayas del Petén y registró la iconografía de murales y tapas de bóveda pintadas (Vázquez de Ágredos Pascual 2010, 43; VV. AA. 2016, 52M-53M).

En el siglo XIX la investigación sobre el uso del color entre los pueblos prehispánicos se centra en la asociación entre el color y la estructura cuatripartita del mundo, con un axis mundo propia de la cosmovisión mesoamericana. A finales del siglo XIX y principios del XX, las investigaciones de Eduard Seler (2016) o de Roland Dixon (1899) comienzan a observar la íntima relación entre el ordenamiento mítico del mundo

mesoamericano y sus vínculos con el color. Estos trabajos son pioneros y marcan la senda que se sigue en las siguientes décadas en lo referente al vínculo entre los colores y dicha división cuatripartita del mundo mesoamericano. En esta etapa temprana se puso énfasis en la asociación de los colores a los rumbos cardinales en la percepción cuatripartita del plano terrestre entre los pueblos mesoamericanos. En este sentido destacan autores como Alfonso Caso (Caso 1942), Rice Carroll (1963), Jacques Soustelle (1959) para el centro de México o Eric Thompson (1934) para el área maya, por citar algunos. En las primeras décadas del siglo XX comienzan a desarrollarse estudios de índole fisicoquímico para determinar la composición material de la paleta pictórica utilizada en códices mayas y mixtecos con los trabajos Rudolf Schwede (1912) o los trabajos precursores de Raymond Merwin (1931) sobre el azul maya (Dupey García y Vázquez de Ágredos Pascual 2018a).

A partir de la segunda mitad del siglo XX, especialmente a partir de la década de los setenta y los ochenta, el estudio del color comienza a ser investigado de una manera más sistemática y transversal en el que participan distintas disciplinas como la arqueología, la historia, la historia del arte o la ciencia de los materiales. Los estudios que se desarrollan a partir de mitad de siglo y hasta los años noventa, ponen el foco de atención en la materialidad con los estudios de Gettens (Gettens 1955; 1962) por ejemplo, en su uso como cosmético con los trabajos de Paolo Rovesti (1975) o Edith Galdemar (Galdemar 1987) o en su uso y presencia en la arquitectura mesoamericana (Boone 1985; Dupey García y Vázquez de Ágredos Pascual 2018b).

A principios de la década de los noventa y siguiendo el hilo marcado por el proyecto encabezado por Beatriz de la Fuente La Pintura Mural Prehispánica en México se produce un punto de inflexión en lo relativo a la metodología y sistematización del estudio del color, a partir de los trabajos desarrollados por Diana Magaloni desde la perspectiva de la tecnología y la materialidad. Desde las primeras investigaciones en el contexto teotihuacano, Magaloni y colaboradores profundizaron en el conocimiento sobre las técnicas pictóricas, las mezclas de pigmentos y las materias primas usadas en áreas de tal magnitud pictórica como Cacaxtla, Bonampak, la pintura mural funeraria de las tumbas del clásico zapoteco o la de varios sitios de las Tierras Bajas Mayas del norte como Xelhá, Chichén Itzá, Tulum o Uxmal (Magaloni Kerpel 1994; 1996a; 1996b; 1998b; 2017; 2001; 2003; Magaloni y Falcón 2008; Magaloni Kerpel et al. 2013).

Con la llegada del nuevo siglo, el estudio del color se amplía, produciéndose un desarrollo y generalización de las investigaciones dedicadas a entender la naturaleza de los colores prehispánicos. Las metodologías se diversificaron y se desarrollaron investigaciones monográficas sobre determinados colores (Padilla et al. 2015; M. Fernández Félix y Roque 2017), sobre usos específicos en los que el color jugaba un rol determinante como el mundo funerario (M. T. Doménech Carbó et al. 2020; Quintana et al. 2015; Vázquez de Ágredos Pascual 2009) o la investigación del léxico cromático (Dehouve 2003; Dupey García 2004; Houston 2009; Tokovinine 2012; Tokovinine y McNeil 2012), una línea de trabajo de gran interés para entender la concepción y los términos que una sociedad tenía sobre los colores, ya que es a partir de categorías lingüísticas como se constituyen los universos culturales cromáticos (Georges Roque 2003, 267).

A partir de estos años el estudio de la materialidad y la naturaleza de los colores de los manuscritos prehispánicos y coloniales sufre una auténtica revolución con el desarrollo de metodologías no invasivas y portátiles que han servido para caracterizar los materiales de gran parte de los códices prehispánicos resguardados en Europa, principalmente a través de los trabajos de Davide Domenici y su equipo de colaboradores (Buti et al. 2014; Buti et al. 2018a; Domenici et al. 2014; Domenici 2016; Domenici et al. 2017; Domenici, Miliani y Sgamellotti 2019) en el marco de diversos proyectos europeos (Eu-ARTECH (2004–2009), CHARISMA (2009–2014) e IPERION CH) del MOLAB (*Mobile Laboratory*) (Brunetti et al. 2016; Buti et al. 2018b).

De manera análoga, en México se ha desarrollado en las últimas décadas estrategias de análisis, tecnología, infraestructura, proyectos de investigación y laboratorios especializados en el análisis fisicoquímico del patrimonio cultural mexicano como la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH), el Centro de Investigación en Corrosión de la Universidad Autónoma de Campeche (CICORR-UAC) o el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación del Patrimonio Cultural (LANCIC) que integra varias instituciones y laboratorios nacionales. Este impulso, unido a la aproximación multidisciplinar que integra especialistas de varias disciplinas como la historia del arte, la ciencia de los materiales, la arqueología, la historia o la conservación y la restauración, ha permitido realizar importantes avances en lo relativo a la caracterización material de

los manuscritos prehispánicos y coloniales resguardados en las instituciones mexicanas (Ruvalcaba et al. 2007; Conservación del Patrimonio Cultural 2015; Zetina et al. 2008; Zetina et al. 2011).

En este marco de creciente interés por la policromía prehispánica se desarrolla el proyecto liderado por Leonardo López Luján encaminado a restituir los colores de la escultura mexicana del Templo Mayor. A través de un proyecto multidisciplinar e internacional que reúne a expertos del campo de la ciencia de materiales, la historia del arte, la conservación y la arqueología, se han hecho notables avances en la definición de la paleta pictórica mexicana, así como su uso y función en el soporte escultórico. A partir de minuciosos análisis microscópicos y espectroscópicos han logrado restituciones cromáticas en esculturas y en cráneos ofrenda, descubriendo combinaciones cromáticas que aportan información de gran valor de cara a investigar la relación entre el color y la cosmovisión y ritualidad mexicana (López Austin et al. 2005; López Luján 2017; VV. AA. 2016).

Este breve recorrido a través de cómo se ha tratado e investigado el color en el mundo prehispánico ha permitido comprender la complejidad tecnológica y técnica desarrollado por los pintores y artesanos del color prehispánicos, revelando un mundo lleno de policromía en el que queda patente un profundo conocimiento y aprovechamiento del medio natural a través de la obtención de todo tipo de materias primas de origen animal y vegetal. Junto a esto, se ha observado un desarrollo tecnológico amplio que permitió el desarrollo de nuevos tonos y matices de color a partir de la mezcla de materiales, el uso de la pirotecnología o mediante diferentes técnicas en la molienda y preparación de los pigmentos. Todo este mundo natural de recursos y tecnologías desarrolladas por los pueblos mesoamericanos son revisadas en el siguiente punto, donde se hace un recorrido al mundo material del color en Mesoamérica.

Usos y recursos. La tecnología del color en Mesoamérica.

A partir de las investigaciones desarrolladas durante más de un siglo y especialmente con los avances en el ámbito de los análisis fisicoquímicos que se han tratado en el punto anterior ha sido posible conocer las materias primas que conformaban los pigmentos y colorantes, las técnicas de aplicación y las mezclas de materiales para lograr tonos y matices específicos. Sin embargo, y a pesar de los avances realizados, con cada nueva

investigación surgen nuevas interrogantes en torno a cómo fue la industria del color en Mesoamérica. En esta sección vamos a dar un sucinto recorrido por el mundo del color en Mesoamérica desde la perspectiva tecnológica, detallando los materiales, soportes, técnicas, mezclas y principales usos del color. Esta breve historia del color en Mesoamérica se centra, como se comenta en las páginas anteriores, a los pigmentos y principalmente al soporte mural y abarca una horquilla temporal que va desde el Preclásico hasta el Epiclásico, ya que en esta fase es posible rastrear la diáspora teotihuacana en lo referente al color en su soporte mural. La sección dedicada a Teotihuacan se ha tratado de manera específica en la siguiente sección del estado de la cuestión.

Como señala Elodie Dupey (2004, 24), los pueblos del México prehispánico vivían en un mundo urbano cargado de color, donde palacios y templos estaban ricamente decorados con superficies coloreadas, complejas pinturas murales, relieves y esculturas policromadas. Sirve para ilustrar lo anterior, los ejemplos de las ciudades del sur de las Tierras Bajas Mayas con sus estructuras arquitectónicas rojas, o la policromía presente en las estructuras arquitectónicas de las Tierras Altas Mayas; en el Centro de México con Cholula y sus extraordinarios murales en las estructuras del periodo Clásico temprano (*ca.* 200 d.n.e.) del Tlachiuhaltépetl, y por supuesto Teotihuacan, la llamada “ciudad roja” con su rica pintura mural, incensarios policromados o cerámicas estucadas polícromas (Boone 1985, 175–77). Desde el Preclásico olmeca, con los ejemplos de pintura parietal en las cuevas de Juxtlahuaca y Oxtotitlán (Guerrero), hasta el periodo Postclásico mexicana, como muestran las pocas estructuras visibles de la antigua México-Tenochtitlan, el mundo mesoamericano era un mundo a todo color.

En Mesoamérica, el color, no provenía únicamente de materiales transformados en pigmentos o colorantes, sino que también se utilizaron una gran variedad de recursos naturales polícromos para elaborar todo tipo de objetos de carácter suntuario o religioso o como meros signos de estatus y posición social. Ejemplo de lo anterior es el caso de la utilización profusa de todo tipo de plumas para elaborar los ricos atavíos que se plasman en las representaciones murales, en los códices o en las cerámicas, del mismo color que la lapidaria usada para elaborar los mosaicos mixtecos o mexicas (Melgar Tísoc, Solís Ciriaco y Monterrosa Desruelles 2018), o en la preferencia por ciertos tonos de jade verde u otras piedras verdes como la malaquita para elaborar los ajuares funerarios de los

gobernantes mesoamericanos como el caso de los ajuares de Pakal o la Reina Roja en Palenque (Delgado Robles et al. 2015; Manrique Ortega et al. 2020). Otro ejemplo lo encontramos en el uso de diversas especies de moluscos y bivalvos, como el *Spondylus princeps*, apreciados entre otras cosas por el color violáceo o rojo que presentan el exterior y en el interior de sus valvas.

La primera parada en este recorrido por el mundo material del color en Mesoamérica es el mundo del Preclásico (ca. 2500-200 d.n.e.). Para este periodo tenemos tres regiones principales donde podemos rastrear los usos del color entre estos grupos, el área olmeca de la Costa del Golfo, el Altiplano central y el área maya. Dado el registro arqueológico en el que se ha documentado el color en este periodo, vamos a ampliar el marco de revisión en cuanto a soportes, ya que el soporte mural solo se ha documentado de manera amplia para el Preclásico tardío del área maya. Por ello, para generar un contexto de información general sobre el uso del color entre las sociedades preclásicas se van a contemplar otros soportes como el cerámico o el pétreo.

Entre los olmecas de la Costa del golfo se observa el color a través del uso de pigmentos, mayoritariamente de color rojo, pero también a través del color original de diversas materias primas utilizadas para la construcción o la lapidaría. Los olmecas de la Costa del Golfo también dotaban de colorido a sus estructuras monumentales a través de arenas, arcillas y piedras de variadas tonalidades, logrando así una amplia paleta cromática (Olmedo Vera 2016).

Estos grupos muestran una predilección por el color verde, especialmente por el de matiz azulado lo que se refleja en las ofrendas de artefactos de jade como en El Manatí (1700-1000 a.n.e.) y de La Venta (González Lauck 2016; Houston 2009; Magaloni Kerpel y Filloy Nadal 2013). Las piezas de lapidaria como hachas votivas o pectorales, normalmente con decoración incisa de índole religioso o político, se detallaban con pigmento rojo de cinabrio, mineral que tendrá un amplio uso en el ámbito funerario a partir del periodo clásico en área maya (ca. 350/400-850/900 d.n.e.).

El color rojo no sólo se usó para detallar la lapidaria o la cerámica olmeca, sino que también era utilizado en el contexto arquitectónico como da muestra el palacio de San Lorenzo Tenochtitlan con el suelo completamente pintado de rojo de hematita. En este extraordinario contexto del sur de Veracruz, se han documentado metates y metlapiles utilizados para producir el pigmento con el que se cubrió el suelo del palacio,

aportando nuevos datos sobre las herramientas que se utilizaban para elaborar pigmentos. En la región del actual estado de Guerrero, durante la influencia cultural olmeca en esta región, han perdurado en el tiempo ejemplos de pintura parietal polícroma en Teopantecuanitlan, las cuevas de Oxtotitlán y las grutas de Juxtlahuaca (Guerrero). Estos registros parietales dan muestra del uso de una paleta polícroma compuesta por el verde, el rojo, el amarillo, el rojo y el negro, sin que se conozcan por el momento los materiales utilizados en los colores ni la técnica de aplicación en el soporte parietal (Cyphers Guillén 1994; Zurita y Santiago 2009).

Otro soporte en el que se puede rastrear el uso del color entre los grupos humanos preclásicos es la cerámica. En la producción de los recipientes cerámicos de estas sociedades se plasman todo tipo de diseños geométricos pintados con colores de la gama cálida como el rojo, el naranja o el amarillo, así como blanco y negro. Un notorio ejemplo del uso del color entre estas sociedades lo aportan las figurillas de barro antropomorfas, principalmente femeninas, del periodo preclásico del Centro de México de sitios como Tlapacoya (1200-600 d.n.e.) o Tlatilco (1200-600 d.n.e.). Este tipo de figurillas se ha recuperado de excavaciones de contextos agrícolas por lo que se asocian a la fertilidad. Estos objetos son una ventana al pasado en el que se puede observar la pintura corporal en blanco, amarillo, rojo y negro utilizada en ceremonias y festividades vinculadas a los rituales de veneración a los fenómenos naturales (Abascal, Harbottle y Sayre 1974; Ochoa Castillo 2016; Olmedo Vera 2016). Hasta el momento no se han encontrado estudios sobre la naturaleza de la paleta pictórica de estos objetos, sin embargo, en su texto sobre el color entre las sociedades del preclásico del Altiplano central, Patricia Ochoa señala, sin aportar ningún dato analítico o fuente de la información, que el rojo habría sido preparado con óxido de hierro (Ochoa Castillo 2016, 44M).

En cuanto al proceso de producción de color entre estos grupos del Altiplano central se ha documentado varios instrumentos de lítica pulida como metates y manos de metate con claras evidencias de producción de pigmento rojo, así como núcleos de óxido de hierro procesados almacenados en pequeñas vasijas, así como en formatos de mayor tamaño, por lo que se especula que existiera ya en estas etapas una red de intercambio de materias primas colorantes (Ochoa Castillo 2016).

Para el Preclásico en área oaxaqueña (ca. 1900 a.n.e.-200 d.n.e.) la información sobre la tecnología del color es reducida. Para las etapas del Preclásico temprano y medio, etapa en la que el área central del área oaxaqueña giraba en torno al asentamiento de San José Mogote (ca. 1900-500 a.n.e). En esta temporalidad las evidencias del uso de color corresponden a pequeñas evidencias de uso del color rojo en las tumbas, estructuras y cerámica. Para el último periodo del Preclásico tardío, cuando comienza el desarrollo de Monte Alban como centro rector de los Valles Centrales, el uso del color puede rastrearse en la pintura mural. Durante la fase Monte Albán I (ca. 600 – 200/150 a.n.e.) los zapotecos conciben sus tumbas como estructuras pintadas en las que el color rojo tiene un papel principal. En estas construcciones funerarias tempranas se documenta un fenómeno ligado al rojo que pervive hasta las etapas finales del Clásico en el área oaxaqueña y es pintar una banda roja en todo tipo de soportes de carácter ritual como es en la entrada de las tumbas o en las características vasijas efigie. Este fenómeno no está ligado a un solo material inherente al color rojo ya que se ha documentado una variabilidad en cuanto a sus materias primas, identificándose hematita, cinabrio y un rojo orgánico característico de estas etapas tempranas cuyos componentes aún no han sido identificados (Carmona Macías 2016; Flannery, Marcus y Reynolds 2005; Magaloni y Falcón 2008; Sellen 2007, 30).

Otra de las paradas obligatorias en nuestro objetivo de contextualizar los usos del color y su tecnología en Mesoamérica es el Preclásico en área maya, región de la que más información podemos encontrar. En el mundo maya del Preclásico el color alcanza su máxima expresión a través de la arquitectura monumental, los relieves de estuco pintado, en la pintura mural y algunos ejemplos excepcionales en contextos funerarios como se verá a continuación. En esta región la aparición de la policromía aparece principalmente vinculada a la arquitectura a partir del Preclásico medio (ca. 1200 a.n.e.), donde mediante pinturas murales o revestimientos de estuco, la arquitectura adquirió una excelsa policromía (Boone 1985; Vázquez de Ágredos Pascual 2010). Dentro del universo visual maya, el color corre de forma paralela a la apreciación, reflejo e iridiscencia de la intensa luz tropical en el medio selvático, creando de esta forma colores saturados, vivos y brillantes en un claro mimetismo con el medio ambiente que contextualiza su desarrollo como cultura (Houston 2009, 68).

El uso del color entre los mayas durante este periodo enfatiza el uso del rojo de hematita, el negro de carbón y el blanco de yeso como se observa en los murales de San Bartolo (*ca.* 300 a.n.e.), en la arquitectura pintada o en las cerámicas de este periodo. Estos tres colores forman una tríada cromática con una tendencia al monocromatismo que mantiene su prevalencia e importancia simbólica en el desarrollo histórico maya. La mayoría de los colores usados en este periodo son pigmentos de base férrica elaborados a partir de arcillas locales en los rojos, goethita para los amarillos, el carbón para el negro y la calcita para el blanco (Houston 2009; Hurst 2004; 2016).

Es a partir de la mitad del Preclásico tardío (*ca.* 300-100 a.n.e.) cuando se produce un desarrollo en lo tocante a la complejidad del color, aumentando drásticamente la paleta pictórica con el desarrollo de las lacas, pigmentos mixtos elaborados a partir de precipitar un colorante sobre una base inerte como arcillas, calizas o yesos. El desarrollo de la arquitectura monumental que caracteriza el Preclásico medio y tardío generó nuevas superficies donde aplicar el color, especialmente en los frisos y los mascarones monumentales dispuestos en las alfardas de las escalinatas que se pueden observar en sitios como la estructura 5C de Cerros (*ca.* 100-50 a.n.e.) o en la subestructura IIC de Calakmul (*ca.* 150 a.n.e.), o la Estructura 27 en Nakbé (*ca.* 300 a.n.e.) donde se ha documentado un color “crema” que cubre estos estucos a partir de un colorante orgánico no identificado, por citar algunos. En este tipo de soportes, de color blanco o crema, predominan las composiciones con rojos y rosas elaborados con hematita y calcita, amarillos de naturaleza terrosa y colores crema y bayo elaborados con tierras naturales (Arano et al. 2020; Houston 2009).

Derivado del desarrollo arquitectónico característico del Preclásico tardío, la paleta pictórica maya se amplía a partir de las degradaciones tonales de rojos, la aparición de un matiz específico de amarillo y nuevos colores como el naranja, el azul, el verde y el rosa como ejemplifica la pintura mural ubicada en la subestructura 1 de San Bartolo (*ca.* 300 a.n.e.) (Houston 2009, 74; Hurst 2004; 2016).

La paleta pictórica de esta época se desarrolla a partir de mezclas y de superposiciones pictóricas y con las primeras pruebas con el azul y verde en la pintura mural de San Bartolo, elaborados a partir de carbonatos de cobre como la azurita y la malaquita. Es precisamente en estas fechas tempranas donde se ha documentado la identificación más temprana de azul maya en la Subestructura II-C de Calakmul (*ca.* 150

a.n.e.). Este pigmento híbrido elaborado a partir de tinte con índigo y una arcilla es uno de los desarrollos tecnológicos más notables en el ámbito tecnológico del color debido a su estabilidad y resistencia a agentes externos. La experimentación y difusión del azul maya por el mundo mesoamericano comienza a partir del periodo clásico en el área maya para posteriormente expandirse y abarcar gran parte del territorio mesoamericano con la llegada del fenómeno sincrético que caracteriza la pintura mural del Epiclásico, fenómeno que también puede rastrearse a partir de la tecnología del color como veremos más adelante (Doménech Carbó, Doménech Carbó y Vázquez de Agredos Pascual 2006; Houston 2009; Vázquez de Agredos Pascual, Doménech Carbó y Doménech Carbó 2011)

Con la llegada del Clásico (*ca.* 250-950 d.n.e.) el mundo del color se desarrolla de manera paralela y análoga a las sociedades mesoamericanas. En el ámbito del color este periodo se caracteriza, *grosso modo*, por el desarrollo de la policromía, por la experimentación para crear nuevos matices y por la ampliación de la paleta pictórica de los grupos mesoamericanos. Este desarrollo es desigual y específico a cada región y cultura, sin embargo, es posible encontrar un común denominador dentro de la historia tecnológica del color durante el periodo Clásico, que se deriva del contacto entre Teotihuacan y las áreas oaxaqueña y maya. Junto a este “fenómeno teotihuacano” ambas regiones desarrollan tecnologías específicas en cuanto a la creación de nuevos pigmentos y colorantes y en la experimentación con mezclas de materias primas para alcanzar nuevos colores y matices. Debido a lo anterior, junto al estado actual de las investigaciones sobre la tecnología del color para este periodo, vamos a centrarnos en el área Maya y en el área oaxaqueña, fundamentalmente Monte Alban, donde el desarrollo de la investigación en este ámbito está más desarrollado.

Para continuar con el recorrido por la tecnología del color en el mundo mesoamericano nos situamos de nuevo en el área maya. Durante el Clásico temprano se observa una continuidad en cuanto al uso de la triada rojo-blanco-negro y una uniformidad estilística. Durante el periodo Clásico los artesanos del color y los pintores mayas continúan con el desarrollo de nuevas tecnologías de color. En el transcurso de este periodo la paleta pictórica experimenta un notable crecimiento en cuanto a la cantidad y calidad de colores, mezclas de materiales, superposiciones y técnicas pictóricas que se consolida en el Clásico tardío. Durante este periodo el uso del color se

amplia y se desarrolla teniendo una notable presencia en el ámbito funerario a través de la pintura corporal funeraria y de las ofrendas de núcleos de pigmento junto con la decoración pictórica plasmada en las estructuras funerarias. La cerámica como soporte pictórico también es partícipe de esta profusión cromática (Arano et al. 2020; Houston 2009).

Durante el Clásico maya el conocimiento de la tecnología del color aplicada al soporte mural en área maya ha permitido conocer la gama de materias primas utilizadas. En cuanto a la técnica pictórica se ha documentado que los pintores mayas dominaron la técnica del fresco en la que el pigmento se aplica sobre el soporte calcáreo aún húmedo como la del *secco*, en la que el pigmento se liga con un aglutinante orgánico de origen animal o vegetal, principalmente gomas vegetales como resinas de copal o mucílagos de orquídea y la técnica mixta en la que se combinan ambas modalidades (Houston 2009; Magaloni Kerpel 2001; Vázquez de Ágredos Pascual 2010).

En cuanto a la naturaleza material de la paleta pictórica maya, los artesanos del color obtenían el color negro de dos fuentes principales, el carbón vegetal y los óxidos de manganeso, aunque también se ha reportado de manera puntual negros de magnesita o con bitumen. Por su parte el blanco era obtenido principalmente de carbonatos de calcio como calcita o aragonita, sin que se haya descartado la obtención de pigmento blanco obtenido del quemado y pulverizado de algún molusco.

En lo relativo a los rojos, naranjas, amarillos y marrones eran elaborados principalmente con tierras naturales compuestas por arcillas y óxidos de hierro y minerales como la hematita o la hematita especular y óxidos de hierro hidratados como la goethita o la lepidocrosita. En el rojo destaca el uso ritual del cinabrio, usado principalmente en la pintura funeraria, aunque se ha documentado escasamente en pintura mural como es el caso de las paredes de la Tumba XX de Palenque o en Bonampak reservado para pintar glifos (Houston 2009; Magaloni Kerpel 1998a). Un aspecto interesante de estos colores es la posibilidad de obtener distintas gamas de rojo, anaranjado o tonos pardos mediante la exposición al fuego de la goethita o la hematita. Se ha detectado hematita tratada térmicamente en sitios como Palenque, Kabah, Chicanná o Toniná (Magaloni Kerpel 2001; Vázquez de Ágredos Pascual 2010). La obtención de hematita a partir de la combustión de óxidos de hierro hidratados como la goethita, junto a la variación del tamaño de grano permite obtener un amplio abanico de

tonos y matices cálidos y pardos. Viendo que esta tecnología se ha documentado en algunos sitios mayas, nos preguntamos si es posible que algunos de los pigmentos rojos y naranjas usados en Teotihuacan se hayan obtenido mediante pirotecnología. Volveremos a esta cuestión en el capítulo de la discusión de los resultados de nuestra investigación.

A partir del desarrollo y la generalización del azul maya a partir del siglo V d.n.e. se observa un proceso continuo de experimentación con la tecnología de obtención de este pigmento híbrido, principalmente con el tiempo y temperatura, lo que permite obtener tonos amarillos, verdes y violáceos. La aparición de colores verdes y azules-violáceos muestran una continua experimentación a partir de la formulación de los colorantes en varias tonalidades, de la mezcla de colorantes precipitados sobre arcillas como la paligorskita, la aragonita, la atapulgita o la sepiolita, la mezcla de colorantes con pigmentos minerales como goethita o hematita y las superposiciones pictóricas. Esta experimentación con verdes y azules correspondería a la *primera tradición colorística* propuesta por Magaloni (2001) y que se ve en la arquitectura de sitios del área sur de Campeche como Becán, Ichmac, Balamkú o Chactún y en Chiapas con Bonampak y Palenque. Los azules y los verdes también fueron elaborados con minerales exóticos cuya obtención debió conllevar intercambios con otras regiones como la azurita, malaquita, pseudomalaquita y la veszelita, identificada hasta el momento únicamente en Calakmul para área Maya (Arano et al. 2020; García Moreno et al. 2008; Houston 2009; Magaloni Kerpel 2001; Vázquez de Ágredos Pascual 2010).

Dentro de la gama de colores fríos es interesante el caso de un gris de matiz azulado o violáceo documentado en sitios como la estructura 1 de La Sufricaya (*ca.* 400-450 d.n.e.), la estructura del Hunal de Copán (*ca.* 430 d.n.e.), en Bonampak (Clásico tardío.), en Uxmal (Clásico tardío y terminal) y en Xuelén (Clásico tardío) elaborado a partir de mezclar blanco y negro. Esta mezcla se ha caracterizado para Bonampak, Uxmal y Xuelén como una mezcla de carbón y calcita con trazas de azurita (Houston 2009, 80; Magaloni Kerpel 2001, 174 Tabla 3). Este pigmento gris de matiz azulado nos interesa especialmente, ya que lo hemos documentado en los restos de pintura mural teotihuacana del Conjunto Jaguares y del conjunto arquitectónico conocido como Techinantitla. En el capítulo de resultados y discusión se tratará este tema de nuevo.

Tras la continuidad respecto al periodo anterior y la experimentación con nuevas materias primas se produce la llegada del impase teotihuacano. En los albores del siglo V d.n.e. se produce la conocida incursión teotihuacana en área maya que se ha rastreado principalmente, a partir de la epigrafía, de la cultura material y de la arquitectura, pero también a partir de la tecnología del color. Se tratará este punto tras abordar el mundo del color en el mundo zapoteca del Clásico, ya que como se dijo anteriormente es un fenómeno común tanto en área maya como en el área de Oaxaca.

Durante el Clásico tardío (*ca.* 600-900 d.n.e.) se produce una verdadera revolución cromática a través de las mezclas de materias primas, la experimentación con el azul maya y las superposiciones pictóricas consiguiendo paletas cromáticas de hasta treinta colores (Arano et al. 2020; Magaloni Kerpel 2001, 196). Desde la uniformidad vista en el Clásico temprano se da paso a un momento en el que se generan estilos locales en lo relativo a la gama cromática de cada sitio, y a las mezclas de materiales y pigmentos para lograr nuevos matices. Se documenta un proceso de diferenciación respecto al otro a partir de la tecnología del color documentado en área maya y también en área zapoteca (Alonso et al. 2014; Arano et al. 2020; Magaloni Kerpel 2001; Houston 2009; Magaloni y Falcón 2008).

Este fenómeno de distinción y de localidad en la tecnología del color visto en área maya es compartido en el mundo zapoteco del Clásico (250-800 d.n.e.) ¿Cuál es la tecnología del color en la capital del mundo zapoteca? ¿Cuál es su desarrollo durante el Clásico? Estas cuestiones se abordan en nuestra siguiente parada en esta historia del color en Mesoamérica, Monte Albán, la ciudad rectora de los Valles Centrales de Oaxaca durante el Clásico, la capital del mundo zapoteca.

Los zapotecos del periodo Preclásico tardío y terminal (500 a.n.e.-200 d.n.e.) y del Clásico dejaron importantes muestras de pintura en tumbas y restos apenas perceptibles en sus edificios y estelas (Carmona Macías, 2016, p. 63M). Para el área oaxaqueña durante el Clásico las evidencias de color se han documentado sobre todo en pintura mural de carácter funerario y en las vasijas efigie. Este soporte es el que más atención ha recibido en cuanto al estudio de la tecnología del color a través del trabajo de Diana Magaloni y Tatiana Falcón (2008). Otro soporte donde se ha documentado el uso del color de manera continua y generalizada son las vasijas efigie zapotecas, decoradas con pigmento rojo de hematita o cinabrio cubriendo en ocasiones toda la pieza o sobre ciertas

áreas centrales de la pieza como la cara, el pectoral o en la parte central del tocado y aplicado posiblemente mediante pinceles o con la técnica del soplado y directamente sobre la pieza.

Estas piezas también se pueden encontrar ricamente policromadas, sin embargo, escasos estudios se han realizado para conocer la tecnología de estos colores y para descubrir su naturaleza. Los datos vertidos de estos estudios puntuales ofrecen sin embargo información interesante. Los estudios referidos son los llevados a cabo en las dos urnas efigie de época Clásica o Monte Albán IIIA (*ca.* 200-500 d.n.e.), una policromada, el Señor Ocho Temblor y otra monócroma, su acompañante la Señora Agua, ambas, recuperadas en la excavación de la Cámara 3 del complejo funerario de Atzompa. También nos referimos a un conjunto de vasijas efigie polícromas excavadas en las tumbas del Montículo 9 de Xoxocotlán ubicadas en el *American Museum of Natural History* de Nueva York, muy cerca del Monte Albán y a dos estudios de Adam Sellen sobre vasijas efigie decoradas en diferentes tonos de rojo. Los estudios analíticos realizados han mostrado una paleta pictórica conformada por rojos de hematita y cinabrio, blancos de carbonato de calcio y yeso, negros de carbón, amarillo de goethita, azul maya y veszelyita para el verde. Los pigmentos fueron aplicados después de la cocción y son aplicados directamente sobre la cerámica (Alderson 2002; Robles García, Arias Pacheco y Olvera Sánchez 2014; Sellen 2007, 30).

A pesar de la rica policromía que exhiben las vasijas efigie el soporte donde los zapotecos vertieron toda su creatividad y donde el color alcanza su más excelsa expresión, como ya mencionamos anteriormente, es la pintura mural funeraria. En Monte Albán, las pinturas cubren los muros de tumbas pertenecientes a unidades habitacionales familiares, asociadas a barrios que representan centros regionales en el interior de Monte Albán. Estas tumbas ricamente decoradas con una pintura mural figurativa, polícroma y en la que predominan las representaciones de antepasados son el soporte sobre el que Magaloni y Falcón (2008) realizan su estudio acerca de la técnica pictórica y de la tecnología del color zapoteca.

Las autoras estudian las pinturas de ocho tumbas de Monte Albán (7, 72, 103, 104, 105, 112, 125 y 204) y una de Suchilquitongo (tumba 5), que abarcan una temporalidad que va desde la fase Monte Albán I (500 a.n.e.-200 d.n.e.), la fase Monte Alban IIIA (*ca.* 200-500 d.n.e.), la fase Monte Alban IIIB (*ca.* 500-800 d.n.e.) hasta el

Posclásico temprano con la fase Monte Albán IV (ca. 800-1000 d.n.e.). Estas tumbas/complejos funerarios exhiben una rica paleta pictórica conformada por cuatro colores básicos como son el rojo, amarillo, verde-azul aplicados mediante la técnica del temple con goma de Nopal. A partir de esta paleta básica de colores, mediante mezclas de materiales, degradaciones tonales y superposiciones pictóricas, los artesanos del color zapotecas logran una rica variedad de nuevos colores con variados matices (Magaloni y Falcón 2008).

La tecnología del color en las tumbas zapotecas exhibe una variedad sorprendente en cuanto los recursos técnicos y a las materias primas utilizadas. Al igual que ocurre en la pintura mural teotihuacana los colores de la gama cálida como el rojo, el rosa, el naranja y el amarillo dominan la escena pictórica. A partir de las degradaciones tonales y las mezclas de materiales los artistas zapotecos consiguen una rica y amplia variedad en los rojos. La base material de estos pigmentos corresponde a hematita, en ocasiones en forma de tierra natural junto arcillas como montmorillonita o caolinita, a cinabrio, normalmente molido finamente y mezclado con hematita y destaca la presencia del llamado rojo zapoteca cuya elaboración es distinta en la mayoría de las tumbas estudiadas. Este color de naturaleza orgánica no ha sido caracterizado hasta el momento, sin embargo, la autora especula con varias materias primas que podrían estar detrás de este pigmento laca como son el axiote (*Bixa orellana*), la grana cochinilla o una flor denominada *Tezóatl* mencionada por Sahagún. El amarillo se presenta en la plástica zapoteca a través de dos tonos, uno oscuro y otro claro. En ambos casos se trata de un pigmento de naturaleza terrosa compuesto por arcillas del tipo caolinita o montmorillonita y un óxido de hierro hidratado, la goethita (Magaloni y Falcón 2008).

El color verde es uno de los más interesantes en cuanto a su naturaleza y tecnología debido a lo particular y específico de su elaboración en cada tumba. En cada sepultura el verde tiene un patrón en cuanto a su uso, siendo destinado de forma preferente a pintar todas aquellas representaciones de “lo precioso” como las plumas de los tocados, cuentas de piedra verde y para los glifos. A pesar de esta uniformidad funcional su materialidad presenta una variabilidad sin paralelo en la paleta pictórica zapoteca. El color verde usado en cada tumba, casi de igual forma que ocurre con el rojo, tiene un tono y un matiz particular y que lo diferencia de los otros. Cada uno de los verdes analizados presenta una manufactura distinta, son todos pigmentos minerales como la

hornblenda o la serpentina que contienen una mezcla de arcillas, montmorillonita y caolinita, y fases cristalinas cuyo color se debe a trazas de elementos como cromo, cobre y hierro cuya composición lo relaciona con tierras naturales verdes, muy abundantes en la geografía oaxaqueña (Magaloni y Falcón 2008, 223–24).

En cuanto al azul no hay muchas referencias a su naturaleza en el trabajo de Magaloni y Falcón a pesar de que hay evidencias de varios tonos de azul en las pinturas murales que presentan. Para los matices verdeazulados identifica arcillas y minerales con trazas de elementos que pueden aportar ese matiz como ocurre con los verdes. El negro, utilizado para detalles y para delinear, se compone de negro de carbón y es común en todas las tumbas a excepción de la tumba 72 y la tumba 112, ambas relacionadas a través de su tecnología del color, los fondos y delineado rojos y su temporalidad con Teotihuacan (Magaloni y Falcón 2008).

La tecnología del color desvelada en este estudio ha revelado que los materiales y los procesos de elaboración de los colores y los murales de las diferentes tumbas tienen una notoria diversidad. Este hecho junto a las variadas técnicas de preparación del soporte pictórica y de aplicación de los colores ha permitido plantear que cada una de las tumbas fue realizada por un grupo diferentes de artistas. Así estas pinturas atestiguan un esfuerzo por dotar de un carácter distintivo y único a los colores utilizados y a las representaciones plasmadas. Si bien es cierto que cada tumba tiene unas particularidades concretas, sobre todo en la formulación de los colores rojos y verdes, todas ellas se enmarcan en una tradición zapoteca marcado por dos colores característicos, el rojo y el verde. Junto a estos colores que expresan el carácter identitario de las tumbas zapotecas, éstas atestiguan la pertenencia a un linaje a través de las figuras plasmadas en sus muros. A su vez, los artesanos del color y los pintores zapotecas lograron comunicar por medio de la tecnología del color, de sus materiales, de las mezclas de pigmentos y de la propia técnica de aplicación, su propia identidad como artesanos con un estilo propio y diferenciado que quizás estuviera vinculado a linajes o familias concretas (Magaloni y Falcón 2008).

Antes de pasar a revisar la tecnología del color en el Epiclásico con el objetivo de encontrar la pervivencia de lo teotihuacano en sitios como Cacaxtla, Xochicalco o El Tajín, considero interesante atender de manera puntual al fenómeno de lo teotihuacano y su influencia en la tecnología del color de las dos áreas mesoamericanas revisadas en las

páginas anteriores. El establecimiento de Teotihuacan como potencia rectora del Clásico en el Altiplano mexicano y su interacción con otras regiones parece haber sido un hito dentro de la historia mesoamericana. Los estudios de Houston y Magaloni para el área maya y zapoteca indican un punto de inflexión en cuanto a la tecnología del color en torno al 350-400 d.n.e. cuando se documenta la interacción entre Teotihuacan y Monte Alban, así como entre Teotihuacan y el área maya del Peten y los Altos de Guatemala.

La presencia teotihuacana se percibe en el mundo del color a través de la experimentación con el estilo pictórico adaptando convenciones teotihuacanas a la plástica maya como el caso de la pintura mural de la subestructura III de Uaxactún o a través del uso de los característicos fondos rojos de hematita de la pintura mural teotihuacana que se observa en las tumbas 72 y 112 de Monte Alban (*ca.* 350-450 d.n.e.) Tras este periodo de “influencia teotihuacana” tanto en Monte Alban como en área maya se observa el desarrollo de un fenómeno de diferenciación y distinción en lo relativo a la tecnología del color (Houston 2009; Magaloni y Falcón 2008).

En el caso zapoteco cada tumba se elabora con una paleta pictórica similar pero diferente en cuanto a la naturaleza de los colores usados, la técnica de aplicación y las mezclas de materiales para obtener nuevos tonos y matices. En el área maya este fenómeno de diferenciación a través del color se desarrolla a escala local observando variabilidad en la paleta pictórica y la naturaleza de los colores entre ciudades geográficamente cercanas (Houston 2009; Arano et al. 2020).

Con todo lo anterior, llegamos al Epiclásico (*ca.* 650-900 d.n.e.), la última parada de este recorrido general por el mundo tecnológico del color en Mesoamérica. La razón de esta parada es clara, ya que con el declive de Teotihuacan en torno al siglo VII de nuestra era, una constelación de ciudades como Teotenango, Cacaxtla, Xochicalco, El Tajín o Cantona, se erigen en el área central y parte del Golfo de México, experimentando un notable crecimiento y compitiendo por el control de las rutas de intercambio y los espacios dejados por esta ciudad. En un contexto sociopolítico dúctil y maleable, con constantes movimientos poblaciones desde y hacia la Cuenca de México se produce un sincretismo entre las tradiciones pictóricas y estilísticas del área del Altiplano con la del sureste. El legado teotihuacano se funde con las nuevas ideas y materiales llegados desde las tierras del sur convergiendo en un estilo pictórica particular que tiene sus mejores ejemplos en los murales de Cacaxtla y El Tajín o en los relieves, esculturas de Xochicalco.

Derivado de lo anterior, surgen cuestiones como: ¿Cuál es el legado de lo teotihuacano en estas ciudades en cuanto a la tecnología del color? Esta es la cuestión que trataremos de contestar a continuación.

En la Costa del Golfo, durante el epiclásico los vestigios más elocuentes en el manejo de la policromía se encuentra en los murales de El Tajín (800-1500 d.n.e.) y Las Higueras (600-900 d.n.e.). En el caso de las Higueras las pinturas se ubicaron en paredes y taludes de un templo y un adoratorio empleando técnicas pictóricas como el fresco, el temple y una mezcla de ambos. Las escenas de carácter figurativo en las que se representan figuras humanas ricamente ataviadas muestran una paleta pictórica conformada por gradaciones de rojo a base de hematita, herencia típicamente teotihuacana, amarillo, negro, azul y verde maya, blanco rosa y marrón, mientras que en una etapa pictórica posterior predominan el amarillo y el rojo (González Lauck 2016).

Los restos de pintura de El Tajín tienen un estilo más geométrico donde predominan grecas y volutas. En los restos de pintura preservados en el centro ceremonial de la ciudad epiclásica predominan los tonos fríos como el azul y el verde. En los trabajos realizados sobre la pirámide de los nichos, el monumento más emblemático del sitio, se han encontrado evidencias de que originalmente se encontraba pintada de rojo, con los nichos negros y las balaustradas de color azul (González Lauck 2016).

La tecnología del color en estas ciudades epiclásicas de la Costa del Golfo tiene todas las características del sincretismo que caracteriza a este periodo. Las degradaciones tonales del rojo típicamente teotihuacanas se entremezclan con el uso y la experimentación del azul y verde maya a través de superposiciones y mezclas entre este pigmento laca y pigmentos minerales lo que lo conecta directamente al proceso tecnológico que vimos para el Clásico tardío en área maya. A pesar del conocimiento y de las informaciones que tenemos sobre la tecnología del color en El Tajín y Las Higueras todavía se conoce poco sobre el uso de las materias primas y el desarrollo tecnológico del color en estas dos urbes. Algo que no ocurre en otro de los grandes ejemplos de ciudades que alcanzan su máximo desarrollo en este periodo, Cacaxtla-Xochitécatl (650-900 d.n.e.).

Las extraordinarias pinturas murales del conjunto arqueológico de Cacaxtla, elaboradas sobre enlucidos de estuco y de tierra, son una auténtica ventana a este mundo cambiante del Epiclásico y sobre todo a la tecnología del color. Su notable

estabilidad técnica y el hecho de que se hayan preservado restos de pintura mural en diversos momentos de construcción de la acrópolis ha permitido al equipo de Diana Magaloni y Claudia Brittenham (2013; 1994) conocer los pormenores de la tradición pictórica y de la tecnología del color en Cacaxtla a lo largo del tiempo y del espacio. Las pinturas murales de Cacaxtla se encuentran en varias estructuras arquitectónicas como son el Templo Rojo, el Templo de Venus y el edificio A. Gracias al través del estudio estilístico, de los recursos plásticos utilizados y de la tecnología del color Magaloni y colaboradores han podido discernir la presencia de elementos originarios de las escuelas pictóricas teotihuacana, maya y en menor medida zapoteca. A través de las materias primas utilizadas y las técnicas pictóricas empleadas, la pintura mural de Cacaxtla exhibe un conocimiento profundo de las tradiciones pictóricas mencionadas.

En la pintura de Cacaxtla lo teotihuacano se observa en el uso de bloques de color saturado y definido que hacen referencia al espacio y el tiempo mítico a través del uso de fondos rojos, saturados y homogéneos. Estos bloques de color se combinan con el uso de detalles sutiles en los que el color construye las texturas de los objetos y la manera en que esto responde a la luz, algo ligado a la pintura mural maya. Junto a esto, elementos estilísticos y plásticos típicamente teotihuacanos como las cenefas acuáticas y las serpientes emplumadas se observan por doquier, resultando en el estilo sincrético que caracteriza la pintura mural del Epiclásico (Magaloni Kerpel et al. 2013).

La influencia maya se observa también en el uso profuso del azul maya. El uso de este pigmento laca en Cacaxtla corresponde a uno de sus primeros usos fuera del área maya. Los pintores de Cacaxtla muestran un profundo conocimiento técnico de este pigmento laca a través del desarrollo de cuatro tonalidades distintas que van desde el azul oscuro hasta un azul grisáceo. Junto a este desarrollo técnico del azul maya desarrollaron mezclas de azul y verde maya con cal para crear capas de colores pastel con un alto poder cubriente y opacas.

La pintura mural de Cacaxtla comparte con la zapoteca el uso de la técnica pictórica del templo de nopal y la utilización de bajorrelieves pintados de rojo en combinación con la pintura mural. Así vemos que la tradición pictórica en cuanto a técnicas y elementos plásticos de Cacaxtla bebe de las principales escuelas pictóricas desarrolladas durante el Clásico. Sin embargo, la tecnología del color, especialmente en lo referente a las materias primas y las mezclas entre ellas exhibe un cariz típicamente

local. Cacaxtla desarrolla de esta manera su propio lenguaje plástico y retórica colorística (Magaloni Kerpel et al. 2013).

Los colores son aplicados en capas sucesivas de color, y los pigmentos muestran distintas calidades y cualidades: los hay traslúcidos aplicados en capas delgadas y transparentes que logran crear nuevos colores y/o matices, pero también hay pigmentos densos mezclados con arcillas que forman superficies opacas y saturadas. Ambos recursos técnicos los hemos observado en el corpus material que hemos analizado, y volveremos a ello en el capítulo de resultados.

En cuanto a la técnica pictórica, los pintores de Cacaxtla manejan el fresco como el temple de nopal, empleada para los repintes sobre pintura ya seca o para los detalles empleados para remarcar texturas. La necesidad de diluir la goma de nopal en un líquido alcalino junto a las observaciones de la estratigrafía permite a Magaloni identificar el uso de la goma de nopal como aglutinante diluido en agua de cal. Este recurso técnico permite combinar capas pictóricas de diferente grosor y genera pigmentos resistentes y flexibles a su vez, lo que facilita la aplicación y adhesión del pigmento al soporte pictórico y la elaboración de detalles de manera recurrente (Magaloni Kerpel et al. 2013).

Visto ya los recursos técnicos de la pintura de Cacaxtla es momento de atender a la materialidad del color. La paleta pictórica de Cacaxtla exhibe colores muy saturados y se conforma por rojo, rosa, azul, amarillo, ocre, marrón, verde, gris, blanco y negro. La manufactura de los colores es muy variada y exhibe un manejo complejo de diversos minerales para crear tonos variados de rojo, marrón y amarillo en combinación con colorantes orgánicos fijados sobre arcilla y carbonato de calcio como atestiguan las degradaciones tonales del azul maya, el verde maya y ciertos tonos de naranja y un rojo orgánico. Sin embargo, la presencia de este colorante rojo no puede ser confirmada, al menos por los datos exhibidos ya que, en las propias palabras de las autoras las señales de un posible colorante orgánico se confunden con las de la baba de nopal en el espectro infrarrojo (Magaloni Kerpel et al. 2013, 178).

Como se ha dicho, el azul y el verde de Cacaxtla responden a la formulación típica desarrollada en área maya. Es interesante la cuestión que abren las autoras del estudio sobre el origen de estos pigmentos, planteándose si bien se manufacturaron en el propio sitio o sus materias primas, la arcilla paligorskita y el índigo, llegaron a Cacaxtla a través del intercambio. Finalmente se inclinan por su desarrollo local por el hecho de su uso

común y constante en el tiempo en la pintura mural de Cacaxtla (Magaloni Kerpel et al. 2013, 169).

El color negro exhibe en estos murales una uniformidad en su naturaleza, ya que se encuentra únicamente elaborado a partir de negro de carbón. Otro caso muy diferente es el del color rojo. El color rojo tiene un papel preponderante en la muralística de Cacaxtla a través de su uso mediante diversas tonalidades. Estas variaciones fueron conseguidas al mezclar de hematita con otros materiales. La naturaleza de la amplia variedad de tonos del rojo se consigue a través de mezclas entre hematita, un colorante orgánico no identificado, el tratamiento térmico y la con cal y arcillas. El rosa se consigue mediante dos recursos técnicos, o bien mezclando hematita con carbonato de calcio o bien mediante la aplicación de una capa delgada y translúcida de pigmento rojo de hematita sobre el soporte calcáreo (Magaloni Kerpel et al. 2013). Con el rosa también logran un matiz violáceo al aplicarlo sobre estratos de azul maya. Este recurso para elaborar matices violáceos o púrpuras lo hemos documentado en la pintura mural de Techinantitla.

Los ocre y amarillos presentan en Cacaxtla una característica que de nuevo nos remite a la pintura mural teotihuacana. Los ocre y los amarillos se identifican como arcillas montmorillonitas con impurezas de minerales de óxidos de hierro hidratado no identificados. Estamos ante pigmentos terrosos muy densos con un alto poder cubriente. El amarillo y el ocre muestran distintas tonalidades logradas a partir de la mezcla del pigmento con carbón si se quiere oscurecer y con cal si se pretende aclarar (Magaloni Kerpel et al. 2013). Este recurso de mezclar carbón con pigmento amarillo lo hemos documentado ampliamente en los ejemplos de pintura mural del Conjunto Jaguares y en Techinantitla, hecho que conecta todavía más la tecnología del color de Teotihuacan y la de Cacaxtla.

Hecho ya este recorrido general de la tecnología del color en Mesoamérica, su estudio y los principales hitos tecnológicos y técnicos desarrollados es momento de atender a la historia tecnológica del color en nuestro contexto de estudio, Teotihuacan. Con el contexto documental que hemos desarrollado en las páginas anteriores disponemos de los recursos necesarios para entender e insertar la investigación tecnológica del color en Teotihuacan dentro del devenir histórico mesoamericano.

La investigación del color en Teotihuacan

El interés por las materias colorantes en Teotihuacan se inició en las primeras décadas del siglo pasado con los trabajos de Manuel Gamio (1922), quien aborda por primera vez los materiales y las técnicas de la pintura mural teotihuacana en su obra *La población del Valle de Teotihuacán*, asignando la localización geográfica de varios pigmentos (Torres Montes 1972, 22). Décadas después, se desarrollaron investigaciones en el campo del color al hilo del impulso que tuvieron los estudios sobre éste y su rol en la cosmovisión mesoamericana que se comentó anteriormente. Al hilo de este impulso se desarrollan los trabajos de Agustín Villagra con las pinturas murales de Tetitla y Atetelco (1952; 1954; 1971) y Pedro Armillas en Tetitla (1944; 1950), donde de manera preliminar el primero, y de manera más profunda el segundo, abordan la problemática de caracterizar la naturaleza material de los aplanados y de los colores de la pintura mural teotihuacana.

Este interés sobre el papel del color en la cosmovisión teotihuacana giró en torno a la pintura mural y la paleta pictórica como vehículo transmisor de una ideología política, de un pensamiento mítico-religioso y de una forma de vida. En este ámbito destacan investigaciones como las de Ignacio Marquina (1990), Arthur Miller (1973), Clara Millon (1972; 1973), George Kubler (1972), Berrin y Pasztory (1994), Sonia Lombardo (1996) o la sección dedicada al cromatismo en la arquitectura teotihuacana en la publicación de Elizabeth H. Boone (1985) *Painted Architecture and Polychrome Monumental Sculpture in Mesoamerica*. Dentro del campo de las implicaciones y significados de la pintura teotihuacana es preciso destacar los trabajos de Jorge Angulo quien desde la historia del arte y la iconografía indaga sobre aspectos del panteón teotihuacano, así como de la fauna y flora representada en los murales teotihuacanos (Angulo Villaseñor 1996a; 1995; 1987; 1972; 1964).

De especial relevancia como antecedente para esta investigación, por su temática y metodología, es el trabajo de Luis Torres Montes quién identificó algunos de los componentes minerales de la pintura mural teotihuacana a partir de la aplicación de la microscopía electrónica de barrido (SEM)⁸. A partir de su investigación, Torres caracteriza un total de nueve pigmentos minerales, la hematita (Fe_2O_3) y el cinabrio (HgS) para los

⁸ Cuando se haga referencia a las técnicas de análisis a partir de sus siglas, se utilizará las siglas derivadas de los nombres en inglés de las técnicas citadas.

rojos, la limonita y la goethita ($\text{Fe}(\text{OH})$) para los amarillos, la malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) y la azurita ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) para el verde y azul respectivamente, negro de humo, negro vegetal y negro mineral para el negro. En su trabajo propone el posible origen de materiales como el cinabrio, la malaquita y la azurita, obtenidos por intercambio, mientras que el resto eran minerales o tierras nativas localizadas en los alrededores de la ciudad (Torres Montes 1972; 1981). A pesar de la amplia información aportada en el trabajo de Torres, nada señala sobre el origen de las muestras que analiza ni de la temporalidad de estas.

En la década de los 90 se desarrolla el que será el proyecto interdisciplinar de mayor magnitud sobre pintura mural prehispánica hasta la fecha, el proyecto *La Pintura Mural Prehispánica en México*, liderado desde el Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM por Beatriz de la Fuente. Su desarrollo ha brindado un *corpus* de información invaluable y de referencia obligada en investigaciones relativas a la pintura mural y la tecnología del color en Mesoamérica. En este último aspecto son referencia las de Diana Magaloni donde aborda la tecnología del color a partir de técnicas de microscopía y espectroscopía.

Así pues, los trabajos de Magaloni son referente obligado para la realización del trabajo de investigación que aquí se presenta. A partir del protocolo de análisis arqueométrico aplicado en la pintura mural de Tetitla (1996) principalmente, en el que combina técnicas de microscopía y espectroscopías, propone el uso de la técnica del fresco con algún retoque en *secco* para la manufactura de los murales teotihuacanos. La autora divide la tecnología del color en Teotihuacan en una secuencia temporal de cuatro fases técnicas a partir de tres elementos: (1) la información obtenida de los morteros y enlucidos que conforman el soporte pictórico, (2) la composición de los colores y (3) el análisis formal de los murales. Se profundizará en las fases técnicas de la pintura mural teotihuacana en el siguiente capítulo.

En cuanto a la esfera socioeconómica y productiva del color en Teotihuacan debe citarse la investigación de Ligia S. Sánchez Morton (2013), quién aborda el estudio del sitio 46C:N4E2, en el sector NE de Teotihuacan. En este espacio, durante una excavación de salvamento, se documentó un espacio productivo de pigmento rojo, inferido a partir de la documentación de instrumentos líticos y una acumulación de 19 kg de hematita en diferentes estadios productivos. Asociados a estos materiales también aparecieron

núcleos de pigmentos de óxido de hierro y cinabrio, caracterizados mediante difracción de Rayos X (XRD), espectroscopía Raman (RS) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Este trabajo es hasta el momento el único estudio que ahonda en la localización de las fuentes de acopio de las materias pigmentantes, encontrando una correlación entre los óxidos de hierro asociados al espacio productivo y muestras de tierra roja natural procedente de la Sierra Patlachique (Sánchez Morton 2013).

En el marco del interés por conocer en mayor profundidad las materias primas de la paleta pictórica del centro de barrio de Teopancazco, Teotihuacan, Cristina Martínez (2012) aplica un protocolo multianalítico de experimentación comprendido por varias técnicas de espectroscopía como la emisión de Rayos X inducida por partículas (PIXE), XRD, la espectroscopía Raman y espectroscopía infrarroja. Las técnicas citadas sirvieron para identificar un compuesto orgánico en la elaboración del azul, así como óxido de hierro para los colores cálidos. Además, corrobora la asociación entre estilo y técnica pictórica, planteando un desarrollo de la pintura mural en tres períodos. A partir de la tecnología del color y su comparación con el trabajo de Magaloni propone que la pintura mural de este centro de barrio se desarrolla desde la fase Técnica II (fase Tlamimilolpa 200-350 d.n.e.) hasta la fase técnica IV (fase Metepec, 550-650 d.n.e.), observando que en Teopancazco y Tetitla se usaron los mismos pigmentos. Tan sólo identifica diferencias en los elementos traza de las materias primas, lo que respondería a diferentes fuentes de aprovisionamiento (Martínez García et al. 2002; 2012).

Las últimas aportaciones a la problemática de la tecnología del color sobre pintura mural Teotihuacan son los trabajos de caracterización espectroscópica de fragmentos de pintura mural del Complejo Plaza de las Columnas y el trabajo sobre parte de la colección de fragmentos de pintura mural de Techinantitla (Guzmán García Lascurain 2019; Muñoz Fuentes 2019; José Luis Ruvalcaba Sil et al. 2021).

La caracterización de estos fragmentos de pintura mural de estilo maya del Complejo Plaza de las Columnas ha aportado como novedad la utilización masiva de rojo de cinabrio como fondo de los murales, algo poco usual dentro de la tradición muralística teotihuacana. Los colores rojos, amarillos y verdes, concuerda con lo caracterizado en otros conjuntos de la urbe, identificando hematita, goethita y malaquita respectivamente. Por su parte, destaca el uso y composición del negro usado para el delineado y detallado de los elementos representados, algo que rompe el patrón

estilístico teotihuacano establecido, ya que a partir de la tercera fase estilística de la pintura mural (250 d.n.e.) es el rojo guinda usado para los delineados y para detallar los motivos y la temporalidad asociada a los fragmentos es más tardía (Guzmán García Lascurain 2019).

Por su parte, la investigación de las características estilísticas, así como el estudio geoarqueológico y arqueomagnético de los contextos de ubicación de los fragmentos de pintura mural de Techinantitla hallados durante los trabajos de R. Millon a finales de los 80, ha permitido acotar la temporalidad asociada a estos murales y proponer una distribución de las escenas, ubicándolos temporalmente hacia finales del siglo IV d.n.e. De manera complementaria y colaborativa, los trabajos de caracterización de la paleta pictórica llevados a cabo por el equipo del LANCIC-IF revelaron parte de las materias primas utilizadas en estos murales revelando el uso de compuestos arcillosos para todos los pigmentos y denotando la presencia del problemático pigmento azul de Teotihuacan, cuya naturaleza no pudo ser descifrada (Muñoz Fuentes 2019; José Luis Ruvalcaba Sil et al. 2021).

Otro de estos últimos trabajos sobre pintura mural es el desarrollado por J. Martínez Sales acerca de la pintura mural sobre adobe de las subestructuras documentadas en el complejo 1D de la Ciudadela (ca. 150 d.n.e.). El interés de este trabajo se encuentra tanto en la temporalidad temprana de los fragmentos, así como por el soporte en el que están realizados. A partir de técnicas de microscopía, espectroscopía y cromatografía Martínez Sales identifica una paleta pictórica conformada por tres colores rojo, verde y amarillo aplicada mediante la técnica del *secco*. La naturaleza material de los pigmentos se conforma de óxidos de hierro para amarillo y rojo, un rojo elaborado mediante tierras naturales y cinabrio y malaquita para el verde, todos identificados mediante difracción de rayos X (Martínez Sales 2018).

El trabajo de Martínez Sales (2018) aporta información relevante y novedosa sobre las técnicas de producción y obtención de pigmentos, sin embargo, para afirmar el uso de procesos térmicos para obtener tonos rojizos a partir de óxidos de hierro hidratados serían necesarios más estudios que permitieran confirmar esta hipótesis. Uno de los principales aportes de este trabajo es la identificación mediante cromatografía de gases con espectrometría de masas de marcadores de baba nopal, lo que supone un hito en la historia tecnológica del color y de la pintura teotihuacana puesto que no se había

logrado identificar ningún aglutinante vegetal en la pintura teotihuacana. Las aportaciones realizadas por Martínez Sales abren nuevas vías de estudio sobre la tecnología del color teotihuacana y las técnicas pictóricas.

Otra de las aportaciones al ámbito del color en Teotihuacan es la tesis de maestría en E. Mesoamericanos de M. Maruf Martínez (2019), donde, mediante técnicas de imagen y espectroscópicas, caracteriza la paleta pictórica de la cerámica estucada con decoración postcocción de varios contextos de la ciudad como Tetitla, Zacuala, La Ventilla B o Teopancazco aportando interesantes resultados como la posible presencia de oropimente (As_2S_3) usado junto a la malaquita para creación de un matiz de verde (Maruf Martínez 2019, 100–103). Sin embargo, la presencia de este mineral de arsénico no queda clara, ya que páginas después propone que la presencia de arsénico en las muestras de verde se debería a la presencia de una fase secundaria de la malaquita, la conicalcita (Maruf Martínez 2019, 111–12), cuya presencia ya se identificó en un delineado verde de una almena del complejo palaciego de Xalla (López Puértolas 2017, 204–5, 220). Con todo, los principales aportes del trabajo de M. Maruf (2019) es, por un lado, el profuso uso del cinabrio en los pigmentos rojos de las piezas y, por otro lado, la correspondencia de la paleta pictórica, los materiales de los pigmentos y la técnica de aplicación de este tipo de cerámicas decoradas con la pintura mural teotihuacana, sirviendo así de referente para los propósitos de nuestra investigación.

Recientes estudios relativos a la tecnología del color y la fecha de elaboración de la pintura mural teotihuacana han aportado nuevos datos acerca de las materias primas utilizadas para pintar, así como la temporalidad de su realización. Los datos aportados en el estudio de una serie de pinturas murales del Palacio de Quetzapapalotl y de sus subestructuras han arrojado dos resultados principales, el uso del cinabrio como pigmento desde fases tempranas y la elaboración entre 312 y 409 d.n.e. de los murales de la Subestructura III, siendo más tardíos de lo que en un principio se habían planteado a través de su estilo. Este dato hace que todas las temporalidades dadas a la pintura mural teotihuacana a través de su estilo deban ser revisadas (Goguitchaichvili et al. 2018).

El precedente directo del estudio que aquí se plantea, parte de la tesis de maestría en Estudios Mesoamericanos realizada entre 2015 y 2017 por el autor de esta tesis, Carlos López Puértolas, en la que se abordó el estudio de la producción del color en el complejo palaciego de Xalla, Teotihuacan (López Puértolas 2017) en el marco del

Proyecto Teotihuacan. Elite y Gobierno. Excavaciones en Xalla y Teopancazco 2000-presente (Dir. Linda R. Manzanilla Naim). En este trabajo se propuso un protocolo de experimentación arqueométrica realizado en colaboración con las instalaciones del Parque Científico de la Universidad de Valencia (España) y el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) en su sede del Instituto de Física de la UNAM en el que se combinaron hasta siete técnicas analíticas: microscopía óptica (OM), la espectroscopía UV-Vis (UV-Vis), fluorescencia de Rayos X (XRF), espectroscopías Raman (RS) e Infrarroja (FTIR), difracción de Rayos X (XRD) y la microscopía electrónica de barrido con espectroscopía por dispersión de energía (SEM-EDS). Dicha metodología permitió ahondar en el conocimiento de los procesos productivos del color en Xalla, y plantear un proceso de producción y aplicación de pigmentos dividido en cuatro fases, cada una con sus propios instrumentos y con diferencias en cuanto a la composición de los colores. Entre los resultados obtenidos destaca la identificación de nuevos compuestos minerales para la elaboración de verdes como la conicalcita ($\text{CaCuAsO}_4(\text{OH})$), o el blanco de hueso para degradar los naranjas, o la inclusión de agregados con propiedades brillantes como el cuarzo o la mica (López Puértolas 2017).

De manera general, la revisión de las investigaciones previas acerca del color y su tecnología en el contexto teotihuacano permiten confirmar la pertinencia de la interdisciplina y la metodología arqueométrica para el estudio de la pintura mural, y dan cuenta de los alcances que tiene la aplicación de una perspectiva tecnológica al estudio del color en las sociedades pretéritas. Así, aspectos como la técnica pictórica, la variabilidad tonal de colores como el rojo, el rosa o el verde, la composición de los azules o su desarrollo espacial y temporal quedan todavía por investigar, pudiendo plantear investigaciones futuras orientadas discernir las fuentes de aprovisionamiento de los diversos materiales que componen la paleta pictórica teotihuacana.

Capítulo 2. Marco teórico-metodológico: el color en Teotihuacan, una aproximación desde la perspectiva de la arqueología del color y la antropología de la tecnología

(...) At a tautological level the entire world is coloured; colour is a background and frame for lived experience (...)

Andrew Jones and Gavin MacGregor, 2002

2.1. La arqueología del color como perspectiva de estudio

Resulta oportuno comenzar el punto preguntándonos ¿Qué es la arqueología del color? De esta pregunta de carácter general derivan otras más específicas ¿es una disciplina dentro de la propia arqueología? ¿es acaso una subdisciplina? ¿es una línea de investigación? La arqueología del color no ha sido definida como tal, no hay a la fecha una monografía donde los especialistas que se dedican a esta línea de trabajo hayan acordado y plasmado los pilares teórico-metodológicos de este campo de estudio.

Encontramos este término en el trabajo de Andrew Jones y Gavin MacGregor (2002) en el que intentan trazar y delimitar las líneas teórico-metodológicas de investigación de la arqueología del color. Pese a ser un trabajo inspirador en el que se esbozan los alcances y los límites de la arqueología del color, las investigaciones que se recopilan están orientados a comprender el carácter simbólico implícito en el uso del color a través de materias primas diversas como el metal, la cerámica o la lapidaria entre otros.

El punto más relevante de este trabajo es la puesta de atención sobre un fenómeno que ha acompañado a los grupos humanos desde los tiempos prehistóricos como es el fenómeno del color. Por ello vamos a definir nuestra concepción de la arqueología del color, delimitando sus alcances, sus principales líneas de trabajo y aproximaciones metodológicas, desarrollada a partir de la experiencia personal y de la revisión de los trabajos de arqueólogas y arqueólogos que han desarrollado estudios en el marco de la arqueología del color.

En esta investigación entendemos a la arqueología del color como una línea de investigación dentro de la disciplina que tiene como objetivo general, el estudio del color dentro de las sociedades antiguas a partir de múltiples y variadas perspectivas teórico-metodológicas. Así, a través de un proceso de objetivar el color, de concebirlo como un producto social similar a otros objetos o artefactos elaborados por el ser humano, la arqueología del color permite estudiar el fenómeno del color entre las sociedades antiguas. Estos objetos, estas producciones culturales son el medio que utiliza la arqueología para estudiar la forma de vida, las creencias y las relaciones sociales en las poblaciones antiguas.

Así pues, esta línea de investigación centra sus esfuerzos en poner al color, a las materias colorantes utilizadas por las sociedades antiguas en el foco de la investigación,

revelando que es una fuente de información invaluable sobre las sociedades pretéritas. Estudiar el color desde la arqueología se relaciona con la caracterización de las tecnologías empleadas, del sistema de obtención y producción, de su distribución y uso, de las implicaciones económicas y sociales de su producción y de su dimensión simbólica y ritual. La arqueología del color la entendemos con una línea de investigación de carácter holístico. A partir de tener al color como eje y foco de estudio, los estudios sobre el color necesariamente deben apoyarse y recurrir a otras disciplinas para así poder estudiar todos los aspectos de la vida de las sociedades antiguas en los que el color está presente. En este sentido, es necesario obtener información de todas las fuentes posibles. La arqueología del color la entendemos con una línea de investigación de carácter holístico. A partir de tener al color como eje y foco de estudio, los estudios sobre el color necesariamente deben apoyarse y recurrir a otras disciplinas para así poder estudiar todos los aspectos de la vida de las sociedades antiguas en los que el color está presente. En este sentido, es necesario obtener información de todas las fuentes posibles. (Jones 2002; Sepúlveda 2009; 2011; 2021; Sepúlveda et al. 2018).

Tal y como apunta A. Jones (2002, 3), la arqueología del color tiene dos líneas de trabajo principales. En la primera, el color es estudiado como un fenómeno abstracto, simbólico donde el color funge como un vehículo cargado de simbolismo e información codificada que refleja un sistema de creencias y valores concreto. En la segunda, el color se investiga como un fenómeno físico, donde su tecnología, en su acepción más amplia y general, cobra todo el protagonismo.

El primero de los enfoques se centra en lo simbólico, en la percepción y papel del color dentro de la psique y del sistema de creencias y valores de una sociedad dada mientras que el segundo focaliza su atención en la materialidad del color. En el contexto Mesoamericano esta línea de trabajo se ha enfocado a investigar el color como un elemento articulador y ordenador de la cosmovisión mesoamericana y en el valor intrínseco de la materia prima portadora o generadora de color como se vio en el capítulo anterior. Un ejemplo interesante de esta línea y de la potencialidad de su aplicación se encuentra en el trabajo de Diana Magaloni sobre el color y los *Ixiptla*, personificadores de dioses y diosas nahuas en sus festividades, en el Códice Florentino (Magaloni Kerpel 2014). En su propuesta, Magaloni argumenta que en las representaciones de divinidades del Códice Florentino la representación cromática funge como un aspecto fundamental

para que la representación de la deidad adquiriera todos sus atributos y su potencial divino. De esta forma, el color objetiva las representaciones de las deidades, las hace reconocibles e identificables a partir de la pintura corporal y los colores de sus atavíos (Magaloni Kerpel 2014, 15–20).

En el segundo enfoque, el tecnológico, se sitúa en el centro del problema la parte tangible y física del color, la “cara” tecnológica de esta producción humana. La perspectiva tecnológica permite entonces observar e investigar la procedencia de las materias primas y las secuencias productivas. Lo anterior hace posible indagar acerca de conocimientos y aptitudes de los productores, de las materias primas utilizadas en la elaboración de pigmentos y colorantes y sus mezclas, de las técnicas y las herramientas de manufactura, del origen de las materias primas y su proceso de obtención, las relaciones interregionales para obtenerlas, las decisiones culturales, la reconstitución de paletas de colores y las variaciones y su permanencia en el tiempo y a escala regional (Çamurcuoğlu 2015; Domingo, García-Borja, y Roldán 2012; López-Montalvo et al. 2017; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2020; Prieto et al. 2016; Rifkin et al. 2016; Sepúlveda 2009; 2011; Sepúlveda et al. 2018; 2014; Wright 2010; Taçon 2008).

Dentro de los estudios sobre tecnología y producción es común encontrar el concepto materialidad. Este término, en ocasiones poco definido por sus propios usuarios (Ingold 2007), se suele emplear para hacer referencia a la naturaleza material de un objeto. Sin embargo, en esta investigación consideramos la materialidad con una acepción y un sentido más amplio. Entendemos la materialidad de un artefacto o producto, en nuestro caso el color, como el conjunto de materias primas con sus propiedades, las tecnologías implícitas en su elaboración, el proceso de creación y las elecciones culturales que hay detrás de cada color. La noción de materialidad se relaciona de esta forma con elementos característicos de los sistemas productivos como las elecciones tecnológicas, las cadenas operativas y la organización de la producción, estando íntimamente relacionado con el concepto de tecnología (Jones 2004b, 334).

La materialidad de un objeto hace referencia a un conjunto de relaciones y fenómenos individuales y sociales generados por la interacción repetida con materias primas y con objetos manufacturados, en la que los aspectos sensoriales de los materiales son fundamentales para las formas en que se valoran y utilizan culturalmente. Así, los

objetos y las tecnologías desarrolladas por las sociedades antiguas no se generan únicamente por su funcionalidad, sino que derivan de un interés por vincular el mundo sensorial con el material a través de la creación de nuevas formas, texturas y colores (Martín Torres y Killick 2015). Volveremos a tratar esta visión social de la tecnología en el siguiente punto del capítulo.

Para resolver las cuestiones relativas a la tecnología del color, la utilización de técnicas fisicoquímicas resulta un método que otorga una gran cantidad de información que, tras su procesamiento e interpretación, puede ayudar a resolver aspectos relativos al aspecto simbólico y social del color; ejemplo de ello son los trabajos de Leonardo López Luján sobre la escultura policroma del Templo Mayor de Tenochtitlan (López Austin et al. 2005; López Luján 2017), los de Marcela Sepúlveda acerca de la pintura funeraria de las momias Chinchorro (Chile) o el arte rupestre del norte de Chile (Sepúlveda et al. 2014a; Sepúlveda 2021) o los trabajos de Véronique Wright (2010) con la pintura mural de la cultura Mochica (Perú) por señalar algunos.

Así, las metodologías y técnicas derivadas de las ciencias naturales como la física, la química o la geología, han revelado ser una fuente de información de gran utilidad para estudiar la tecnología de la cultura material. La hasta hace poco llamada arqueometría, término ampliamente utilizado y discutido desde su aparición con la creación de la revista homónima en 1958, ha sido definida como la línea de investigación encargada de aplicar métodos y técnicas de las ciencias naturales para resolver cuestiones de índole arqueológico o histórico-artístico. La ahora denominada como *archaeological science* se define como el desarrollo y la aplicación en arqueología de técnicas y conceptos derivados de las ciencias naturales y la ingeniería. Sea como fuere y se le dé la nomenclatura que se le dé, el objetivo general de esta línea de investigación es ayudar cuantitativamente a resolver los problemas relacionados con la comprensión de la naturaleza de los materiales y procesos artísticos, a entender su tecnología y los procesos de producción, a la interpretación de estos materiales con respecto a la historia cultural humana y ayudar a la preservación y conservación de los objetos para el futuro. Así, la aplicación de técnicas fisicoquímicas debe supeditarse a responder cuestiones de índole antropológico y social ya que, ante y, sobre todo, la arqueología trata sobre el estudio de las personas que elaboraron los objetos y materiales que investigamos (Artioli 2010;

Edwards y Vandenabeele 2012; Jones 2004b; Martínón Torres y Killick 2015; Martínón Torres 2018; Tite 2018).

Así, en esta investigación se entiende la arqueometría o *archaeological science* como una línea de trabajo más dentro de la disciplina arqueológica. A través de las metodologías y técnicas análisis derivados de las Ciencias Naturales, los arqueólogos formados en este campo generamos y procesamos la información de los objetos y artefactos que investigamos; es el medio para obtener el dato duro que posteriormente interpretamos en función de las preguntas de investigación. Por lo tanto, nuestra visión sobre la arqueometría es entenderla como un medio y no como un fin en sí misma. El protocolo de análisis fisicoquímico que hemos aplicado en nuestra investigación se detalla en el siguiente capítulo.

Las técnicas de análisis fisicoquímico son diversas, empleando todo tipo de equipos para visualizar, registrar y analizar materiales, formas, colores y otros atributos del patrimonio arqueológico e histórico-artístico. Este tipo de investigaciones generan datos sobre aspectos de la composición y la microestructura de las muestras arqueológicas y los materiales de referencia, que a su vez permiten hacer inferencias sobre la subsistencia (por ejemplo, mediante isótopos óseos que informan sobre la dieta), o análisis de residuos orgánicos en ollas de cocina, salud (por ejemplo, paleopatología de identificación, medio ambiente a través de la identificación del polen o el análisis zoológico, la tecnología, los intercambio interregionales, los movimientos poblaciona,es (por ejemplo, a través del ADN antiguo) y otros aspectos de las formas de vida pasadas. Además, también son útiles en la identificación y el estudio de los sitios arqueológicos, la conservación, la documentación y la gestión del patrimonio (Artioli 2010; Edwards y Vandenabeele 2012; Jones 2004b; Martínón Torres y Killick 2015; Martínón Torres 2018; Tite 2018).

Por su parte, un importante campo en el que el desarrollo de la *archaeological science* ha tenido un impacto sustancial en su definición teórica es en el desarrollo de los conceptos de estilo tecnológico (Lechtman 1977) y elección tecnológica (Sillar y Tite 2000; Lemonnier 1991). Ahora bien, para abordar la tecnología de las materias colorantes es necesario contextualizar el concepto de tecnología, definirlo y observar la potencialidad de su aplicación al estudio del color. Por ello en el siguiente punto se va a tratar el estudio del color desde la perspectiva tecnológica.

2.2 El estudio del color desde la perspectiva tecnológica: aproximación teórica y conceptos clave

Este punto está planteado a modo de ensayo con el objetivo de hacer una revisión del concepto de tecnología, así como otros términos relacionados como tradición o técnica, para clarificar a qué corriente teórica se adscribe el mismo y cómo se entienden los conceptos que vamos a tratar en el cuerpo del texto.

La base de esta reflexión se encuentra en los preceptos teóricos sobre tecnología derivados de la escuela francesa de la Antropología de las Técnicas y su visión de la tecnología como un fenómeno dual, donde lo material y lo social se entrelazan indivisiblemente. En este sentido, nos resulta muy acertado el símil que hace Sarah B. McClure (2007) en su trabajo sobre tecnología y género en la producción cerámica del Neolítico Levantino de Valencia (España) (5600-2800 cal. d.n.e.) en el que compara estas dos caras de la tecnología como el *hardware* y el *software* de cualquier computadora. Esta analogía informática define de manera sencilla esta dualidad, donde el hardware sería el artefacto, incluyendo las materias primas, sus propiedades y todos los elementos tangibles de su manufactura y uso, mientras que el software haría referencia al conocimiento y los fenómenos sociales asociados a la práctica tecnológica (McClure 2007, 347–48).

El origen de la escuela francesa de la Antropología de las Técnicas se encuentra en los trabajos pioneros sobre tecnología desarrollados desde el ámbito de la sociología de Émile Durkheim, quien investiga el desarrollo tecnológico en el contexto de la creciente especialización en la burbuja industrial de finales del siglo XIX (Pomedio 2018, 54). Ya entrado en el siglo XX llega la primera definición de técnica desde una perspectiva antropológica con los trabajos de Marcel Mauss en la década de los treinta, donde define el hecho técnico como un hecho social (Pomedio 2018, 54–55).

Tras medio siglo de tradición académica vinculando la tecnología con lo social surge toda una escuela de teóricos como André Leroi-Gourhan, Maurice Godelier o Claude Lévi-Strauss cuyas investigaciones sobre la industria lítica de la prehistoria europea cambiarán la visión que la arqueología del momento tenía sobre la tecnología prehistórica. A. Leroi-Gourhan será decisivo con sus contribuciones al ámbito de la

tecnología y la cultura desde el ámbito arqueológico y etnográfico poniendo las bases de la futura escuela de la antropología de la tecnología (Leroi-Gourhan 1945a). Para A. Leroi-Gourhan, cada cultura desarrolla sus propias herramientas de acuerdo con su tradición técnica (*millieu technique*), lo que guarda relación con la representación social de la tecnología (Leroi-Gourhan 1945b).

De esta forma, una investigación desde el prisma tecnológico no se debe reducir a la mera descripción de datos y actividades, sino que debe intentar profundizar en los procesos sociales en las que éstas se engloban y adquieren sentido, pues la mera descripción de la tecnología es incompleta si no se acompaña de las pertinentes pesquisas sobre el papel y la implicación social de la tecnología y sus técnicas dentro de su marco cultural, histórico y geográfico. De otra forma, este tipo de estudios no tendrían razón de ser dentro de la disciplina arqueológica (Dobres y Hoffman 1994).

Siguiendo la estela marcada por Leroi-Gourhan se encuentran los trabajos del antropólogo francés Pierre Lemonnier (1986; 1991), quién desde la Escuela de las Técnicas y la Cultura francesa defiende el papel fundamental de lo social dentro de la esfera tecnológica. En este sentido para Lemonnier la tecnología es, primero y ante todo, una producción social. Para él, cualquier tecnología es siempre la representación física de esquemas mentales aprendidos y transmitidos a través de la tradición, que guardan relación con el funcionamiento de las cosas, con cómo están hechas y con cómo son usadas (Lemonnier 1991, 3–4).

Así, nos adscribimos a esta visión de la tecnología como un fenómeno cultural polifacético, que abarca tal y como apunta Lemonnier tanto aspectos físicos como aspectos sociales, económicos y cognitivos (Lemonnier 1986, 147–48). La tecnología opera como un fenómeno que abarca varias áreas de actuación donde intervienen tanto agentes materiales como agentes sociales y nos puede brindar información variada y amplia de una sociedad pretérita acerca de sus habilidades, conocimientos, materias primas, procesos y productos. De esta forma la tecnología es, en su más amplia acepción, un sistema totalmente integrado que manifiesta valores y elecciones culturales (Lechtman 1977, 3–4; Sillar y Tite 2000).

Así, entendiendo la tecnología como un fenómeno social con varias esferas de actuación, consideramos oportuno incorporar el concepto de sistema tecnológico para referirnos al marco en el que convergen los actores con el medio en el que actúan. En

este sentido, Heather Miller (2007) ofrece una definición de sistema tecnológico que alcanza la esfera social. Define un sistema tecnológico como un sistema de interconexiones entre las personas y los objetos durante la creación de un objeto, su distribución, uso y desecho (H. M. L. Miller 2007, 5–6), definición que se concuerda con nuestra concepción de sistema tecnológico. Éste abarca los artefactos usados, las secuencias operativas seguidas, las relaciones físicas entre diversas técnicas, así como las representaciones sociales que subyacen a los procedimientos técnicos (Lemonnier 1991, 12).

En nuestra conceptualización de sistema tecnológico, incorporamos a lo que P. Lemonnier llama “representaciones sociales” conceptos definidos por Cathy L. Costin en sus trabajos sobre la producción textil y cerámica en el área andina (Costin 1991; 2001; 2004). Los conceptos a los que nos referimos son la organización de la producción, especialización de la producción y demanda. Estos términos abarcan a los productores y a las relaciones entre ellos, a la obtención de la materia prima como a la propia demanda del bien producido en una determinada sociedad y los diversos usos que pueda tener el bien producido. De esta forma el concepto de sistema tecnológico abarca los dos aspectos básicos de cualquier tecnología, el ámbito social y el físico, lo cognitivo con lo tangible, así como las relaciones entre los diferentes agentes sociales que operan en cualquier industria artesanal.

Otro concepto que consideramos relevante y al que haremos referencia a lo largo del texto es el de técnica, concepto del que partirán nuestras cuestiones sobre de qué forma era elaborado el color en Teotihuacan. Entendemos técnica como el conjunto de procesos, métodos, habilidades, gestos y conocimientos realizados por un artesano que se desarrollan en una actividad determinada donde las elecciones y procesos están regidos principalmente por variables culturales, ideológicas y/o religiosas entre otras. En este sentido, A. Leroi-Gourham considera técnica “toda acción del hombre sobre la materia”, definiéndola como “gesto y herramienta, organizados en cadena por una sintaxis verdadera que le da a la serie operativa al mismo tiempo su fijeza y flexibilidad. La sintaxis operativa es propuesta por la memoria y nace entre el cerebro y el medio material”. Siguiendo esta línea, P. Lemonnier (Lemonnier 1991, 16) propone estudiar las técnicas en sí mismas y no por su efecto en la cultura material para de esta forma conocer aspectos sobre la organización social de quienes las utilizan (Pomedio 2018, 57–59).

EL último concepto es del de tradición, al que haremos referencia durante el texto para cuestionar si podemos hablar de tradición teotihuacana en cuanto a tecnología del color. El término de tradición fue definido a mediados del siglo pasado por Gordon Willey y Phillip Phillips (1954), haciendo éste referencia a filiación y a dinámicas sociales de escala temporal y regional amplia. Para G. Willey y P. Phillips una tradición, desde una perspectiva tecnológica, es la continuidad temporal a escala regional y de larga duración en la forma en que se trabajan y usa es un fenómeno de larga duración y amplia distribución espacial, atravesando en la línea temporal culturas, civilizaciones y ecosistemas. El concepto hace referencia a la transmisión a través del tiempo de recurrencias, elecciones, materias primas, gestos, patrones y procesos a lo largo del tiempo, estando relacionada la profundidad temporal con la distribución espacial. Volveremos a este concepto en la discusión de los resultados de la investigación.

A partir de la conceptualización social de la tecnología desarrollada por la escuela francófona, Heather Lechtman acuña y define el concepto de estilo tecnológico aplicándolo al estudio de la metalurgia andina y la relación entre el acabado de los metales y su relación con el sistema de valores incaico (Lechtman 1977). Ahora bien, para entender el concepto de estilo tecnológico debemos hacer una sucinta revisión a la propia definición del concepto de estilo.

El concepto de estilo y estilo tecnológico y su aplicación a la producción artística teotihuacana

El concepto de estilo ha sido objeto de variadas aplicaciones, definiciones y foco de acalorados debates. No es el objetivo de esta investigación abordar todas las aproximaciones que ha tenido este concepto desde las diferentes disciplinas que lo trabajan. Nuestro objetivo es ofrecer una aproximación al estilo para contextualizar el concepto de estilo tecnológico para luego proponer su aplicación a producción de materiales colorantes en Teotihuacan.

Cuando se usa el término de estilo, se pueden hacer referencia a cosas muy diferentes. Como señala Claudia Brittenham (2017, 105) el estilo puede hacer referencia al estilo personal de un pintor, del producto característico de una mano individual, pero también de un estilo regional o temporal que define la obra de un conjunto de individuos. El estilo puede definirse de manera somera como la forma de hacer algo (Lechtman

1977), como el conjunto de características comunes a un grupo de obras o de artistas, que ayudan a conocer su origen, influencia y vínculos culturales, o como el carácter propio de un objeto elaborado por un individuo o colectivo social en un contexto sociopolítico, cultural y temporal determinado (Álvarez Icaza Longoria 2014, 126).

El estilo, entendido por tanto como el conjunto de características propias de la cultura material perteneciente a una sociedad específica, se refleja a partir de las cualidades plásticas y tecnológicas que poseen características propias y que están sujetas a cambios en función de las influencias o de los intereses de las sociedades que los elaboran a lo largo del tiempo. En el caso de la pintura mural teotihuacana, el estilo se refleja tanto en las composiciones, en la métrica de los diseños representados, en las combinaciones de ciertos colores, como en su paleta pictórica y en su tecnología, y, por tanto, en las materias primas, en las técnicas pictóricas, en la tecnología y los procesos de elaboración, en las elecciones y preferencias, así como en las diversas formas de aplicación del pigmento.

Derivado de lo anterior, entendemos que el estilo puede ser atendido desde diferentes esferas de análisis, siendo dos las principales: en primer lugar, la plástica y, en segundo lugar, la tecnológica. Es en este segundo nivel de análisis donde insertamos el concepto de estilo tecnológico, concepto que hace referencia como argumenta Miller a la aplicación de cuestionamientos sobre estilo al estudio de la tecnología (2007, 192). Al igual que ocurre con el término estilo es su más amplia acepción, el concepto de estilo tecnológico ha sido objeto de múltiples definiciones, variando éstas a partir de la disciplina o enfoque teórico con el que se trabaja el concepto.

Por ello, decidimos acudir a su definición primigenia, donde es entendido como un conjunto específico de materiales, un sistema de ideas y conductas tecnológicas que se transmite por vía del ejercicio de prácticas sociales. El estilo tecnológico hace referencia a la suma de decisiones realizadas por el artesano, desde la selección de materias primas, las fuentes de aprovisionamiento y las herramientas empleadas, todo ello condicionado por la tradición (Lechtman 1977). A esta definición dada por Lechtman se le podría añadir que estas elecciones culturales están condicionadas tanto por la tradición como por el sistema político, social y económico en el que se inserta el sistema productivo que se investiga, ya que rigen el condicionan tanto la manufactura de un bien como la demanda de este.

De esta forma, es posible identificar diferentes estilos tecnológicos, en nuestro caso del color, en un mismo momento o región, o por el contrario encontrar una uniformidad. Todo ello responde y se relaciona al uso, a la función al significado y la expresión simbólica del color en una sociedad. De igual forma, los factores sociales, políticos, medioambientales y económicos afectan e interfieren en las tecnologías por lo que las variaciones o continuidades en la tecnología de un artefacto o producción humana puede ser inferida, identificada y relacionadas con los hitos históricos de cada sociedad (Hegmon 1998; Lechtman 1977; Lemonnier 1991; Miller 2007, 191–95; Sepúlveda y Wright 2018). De esta manera, el sistema productivo de materiales colorantes en Teotihuacan debe ser pensado dentro de las dinámicas políticas, sociales y económicas de la urbe y que rigen y condicionan todos los sistemas productivos de la ciudad.

Las materias primas, fuentes de aprovisionamiento, herramientas así como las elecciones culturales tomadas por los artesanos teotihuacanos, auspiciadas en ocasiones por las elites gobernantes de la urbe, a la hora de elaborar los pigmentos saturados y brillantes característicos de Teotihuacan, pueden ser identificados mediante la combinación del concepto de estilo tecnológico y la aplicación de técnicas de caracterización arqueométrica, lo que permite, tal y como señala Emiliano Melgar (2012, 257), determinar el uso de materias primas e identificar el origen local o alóctono de éstos para la producción de artefactos, en este caso pigmentos.

En el caso teotihuacano, un ejemplo de producción artesanal en el que quedan patentes este tipo de elecciones tecnológicas es el estuco. Investigaciones como las de Tatsuya Murakami (2010; 2015; 2016) permitieron observar una variación en la elaboración del estuco producido en la ciudad, un proceso productivo en el que no se utilizan cargas de vidrio volcánico hasta la fase Xolalpan temprano (*ca.* 350 d.n.e.). Rompe con esta dinámica el caso de Teopanazgo, un centro de barrio con fuertes vínculos con la Costa del Golfo (Linda R. Manzanilla 2017a) en el que los productores de este material constructivo añadieron desde el 100/150 d.n.e. vidrio volcánico de Altotonga (Veracruz), cien años antes que en el resto de la ciudad, desarrollando así un estilo tecnológico propio fuera del patrón teotihuacano motivado por la necesidad de fortalecer los nexos con su región de procedencia como forma de legitimar su filiación cultural (Pecci et al. 2018; Linda R. Manzanilla 2018, 585–621).

El caso de la lapidaria también resulta de interés para esta reflexión sobre el concepto de estilo tecnológico en Teotihuacan, ya que es una de las industrias donde más información se ha obtenido sobre las técnicas y materias primas utilizadas, derivando de ello la definición de un estilo tecnológico teotihuacano para la industria lapidaria. En este sentido, destaca el trabajo de M. Turner (1988) en el que propone la gradación del estilo tecnológico de la lapidaria teotihuacana a partir de distintos grados de control por parte de las élites de la urbe prehispánica (Turner 1992, 108–9). Define de esta forma al estilo tecnológico teotihuacano como extremadamente estandarizado, riguroso en sus formas y símbolos de estatus y poder, con un control laxo por parte del estado teotihuacano para los talleres fuera de contextos de élite o de gobierno, donde los trabajos lapidarios estarían bajo un control mayor (Emiliano R. Melgar Tísoc y Solís Ciriaco 2018, 625).

Otra propuesta en lo referente a las materias primas y técnicas de elaboración de objetos lapidarios en Teotihuacan es la de Sergio Gómez y Julie Gazzola (Gazzola 2005; Gómez Chávez y Gazzola 2011) en el conjunto de La Ventilla. En este conjunto arquitectónico situado en el área suroeste de la urbe se documentaron indicadores de producción lapidaria como materias primas, desechos, productos semielaborados, así como herramientas vinculadas a su manufactura. En su trabajo, proponen que los artesanos de este conjunto serían trabajadores a tiempo completo con una organización social de la producción jerarquizada y controlada por parte de la élite intermedia del conjunto (Gazzola 2005; Gómez Chávez y Gazzola 2011).

Otro de las contribuciones en este campo son los trabajos de E. Melgar y Reyna Solís (2012; 2018) sobre la lapidaria de Teopancazco y así como otros contextos de la ciudad. Sus trabajos combinan el análisis espectroscópico de los objetos lapidarios, la comparación con muestras de origen geológico, los análisis traceológicos y la arqueología experimental. A partir de esta metodología, aportan datos sobre las materias primas utilizadas (cuarzo verde, jadeíta, serpentina o travertino, entre otras), sobre el origen alóctono de algunas de ellas -travertino de Puebla y jadeíta y cuarzos verdes del Valle del río Motagua- y sobre las herramientas y los materiales utilizados en el proceso de manufactura de la lapidaria de Teopancazco. Así, han definido un estilo tecnológico teotihuacano para piezas de pizarra, travertino, serpentina y pirita, característico por el uso del desgaste con andesita, corte, incisión y perforación con pedernal y bruñido con piel. Por otro lado, identifican un estilo tecnológico distinto para el trabajo de piedras

verdes, con desgastes con caliza y pulido con polvo de jadeíta, cortes con lascas de obsidiana y perforaciones y calados con abrasivos y polvo de pedernal y carrizo. Como se observa, sus resultados contrastan con los de Turner (1992), observando una gran diversidad morfológica, de materias primas, calidad y tecnología entre los diferentes barrios y entre los contextos de variado nivel socioeconómico. (Melgar Tísoc, Solís Ciriaco y Ruvalcaba Sil 2012; Melgar Tísoc y Solís Ciriaco 2018, 646-659).

Como se observa en otras materias primas como el hueso, la mica y la pizarra que ya cuentan con algunas referencias tecnológicas, las variaciones en cuanto al uso de ciertas materias primas, las proporciones de sus mezclas, los procesos de elaboración, o su variación y/o continuidad a lo largo del tiempo, ofrecen al investigador la oportunidad de vincular investigaciones de carácter tecnológico con los procesos y desarrollos sociopolíticos de la sociedad bajo estudio.

Para atender los aspectos de estilo y estilo tecnológico aplicados al color en Teotihuacan, nos vamos a basar en aquel soporte que puede ofrecer más información de esta índole en Teotihuacan, la pintura mural. Para ello, se combinan las propuestas sobre el estilo pictórico y las fases técnicas de la pintura mural teotihuacana realizadas por Sonia Lombardo de Ruiz (1996) y Magaloni Kerpel (1996a) con los últimos datos sobre tecnología del color en pintura mural (Argote et al. 2020; Guzmán García Lascurain 2019; Martínez Sales 2018). En este sentido, se aúnan ambas propuestas para extraer y hacer hincapié en las categorías plásticas y tecnológicas de cada una de las fases estilísticas y tecnológicas establecidas por las investigadoras, con el fin de intercalar ambas formas y disponer de un punto de partida para aplicar posteriormente indicadores en otros contextos de la ciudad y en nuestro caso concreto de estudio (Tabla 2).

La primera fase técnica propuesta por D. Magaloni (1996) se ubica en las fases Tzacualli y Miccaotli (1-200 d.n.e.). Los enlucidos de esta primera fase técnica presentan una escasa presencia de arenas silíceas, con un tamaño promedio de 80µm. Como carga son utilizadas partículas de carbonato de calcio (CaCO₃) en una proporción mayor respecto a las arenas (feldespato de aluminio). La mezcla de todas estas materias primas genera una matriz de cal no compactada y con oquedades diagnóstica de esta fase.

En este primer momento la paleta pictórica se compone de cinco colores básicos, rojo anaranjado, diagnóstico de esta fase técnica, verde oliva, negro, ocre y blanco. El rojo de matiz anaranjado se elabora con óxido de hierro, el verde olivo con partículas de

morfología irregular (ca.140µm) elaborado con malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), el ocre, de matices amarillos pardos generados por la lepidocrosita ($\text{FeO}(\text{OH})$), un negro opaco de pirolusita (MnO_2), otro bióxido de manganeso (MnO_2), y por último, el blanco, elaborado a partir de carbonatos de calcio (CaCO_3) (Magaloni Kerpel 1996a).

Estilísticamente, la primera fase se caracteriza en cuanto a composición, por representar ideogramas de carácter geométrico, con figuras abstractas que tienden a la esquematización, como es el caso de los círculos concéntricos, las volutas entrelazadas o las grecas. Este momento también se caracteriza por los fondos rojos anaranjados y por el juego que se da con la yuxtaposición de colores complementarios para generar efectos de contraste, que dotan de mayor intensidad a las composiciones pictóricas. La línea de contorno se elabora con negro de manganeso y tiene un trazo continuo, quedando por definir para futuros estudios su grosor en cada una de las fases.

La segunda fase estilística, situada a medio camino de la Primera y Segunda fase técnica, está marcada por la aparición de seres zoomorfos en las composiciones, con especial énfasis en la figura del jaguar, y en las figuraciones que representan ambientes marinos como estrellas de mar u ondas de agua. La paleta pictórica por su parte se mantiene prácticamente sin cambio, con la única excepción de la aparición de un verde oscuro elaborado con malaquita y lepidocrosita. La línea de contorno sigue manteniendo su color negro característico, pero se observa una diversificación en cuanto su uso, siendo utilizada ahora para realzar pequeños detalles, como por ejemplo plumas de aves, al interior de las figuras.

En algún momento alrededor del 250 d.n.e., en la fase Tlamimilolpa, se produce la génesis de una nueva tradición pictórica, que difiere de la anterior en cuanto a los materiales utilizados y a las técnicas pictóricas desarrolladas, destacando el surgimiento la tradición pictórica monocroma a partir de distintas variaciones tonales del rojo.

En lo relativo al enlucido, esta fase se caracteriza por un aumento de tamaño y una mayor distribución de las arenas silíceas. Se observan dos tipos de morfologías en estas partículas arenosas, las de morfología elongada con un tamaño promedio de 100-200 µm y las de morfología geométrica con unos tamaños que rondan las ca. 400 µm. En cuanto a la matriz, la proporción de partículas de CaCO_3 respecto a la de las arenas disminuye en comparación con la primera fase técnica, presentándose así una menor adhesión entre las cargas y la matriz de cal. Alrededor de 350 d.n.e., a finales de

Tlamimilolpa e inicios de Xolalpan, comienzan a utilizarse, tanto en los morteros como en los estucos de la base de preparación, las arenas de cuarzo volcánico (Murakami 2015; Magaloni Kerpel 1996a; 2017).

La tercera fase estilística cubre toda la segunda y parte de la tercera fase técnica. En lo respectivo a su composición se observa un aumento del repertorio de ideogramas e imágenes, con el surgimiento de representaciones de elementos arquitectónicos y nuevos de motivos antropomorfos. Surge la iconografía del Dios de las Tormentas y prolifera el uso de ideogramas alusivos al ritual del sacrificio por medio de volutas de sangre o trilobulados sangrantes. En cuanto a la línea de contorno, pasa a ser roja y más fina, a excepción de las figuras de felinos en las que la línea es más gruesa, una pauta que se seguirá predominantemente. Otro cambio relevante que se dio a partir de esta fase es el empleo masivo del rojo de matiz guinda. Este color fue aplicado de manera recurrente para dotar de color y embellecer las construcciones civiles y religiosas, siendo en este momento cuando Teotihuacan se convirtió realmente en “la Ciudad Roja”, citando a López Austin et al. (1989) .

Con respecto al ámbito del color, se desarrolla un aumento del repertorio de colores y gamas tonales empleadas por los artesanos teotihuacanos. Destaca el ya citado “rojo teotihuacano”, pigmento rojo de matiz guinda elaborado con hematita (Fe_2O_3) que caracterizará la pintura mural de la urbe en las restantes fases técnicas. La gama tonal de los rojos se enriquece en esta fase mediante el agregado de otros colores como el negro de pirolusita a las mezclas para generar un rojo oscuro. Es en esta fase cuando surge el color rosa con dos tonos, un rosa medio, elaborado con una mezcla de rojo (óxidos de hierro), amarillo (lepidocrosita) y blanco (sulfato de calcio o carbonato de calcio), y un rosa pálido, elaborado con una mezcla de rosa medio con pigmento blanco de calcio. Aparece también el denominado azul ultramarino, posiblemente elaborado con una mezcla de pirolusita, azurita ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$), sulfato de calcio y carbonato de calcio, y el naranja, elaborado con una mezcla de hematita con lepidocrosita. Los demás colores como el negro, el ocre, el verde o el blanco se mantienen sin mayores variaciones, elaborándose con las mismas materias primas que en la fase precedente (Magaloni Kerpel 1996a; 2017).

La tercera fase técnica de la pintura teotihuacana (450-650 d.n.e.) se comienza a desarrollar desde finales de Tlamimilolpa Tardío, en torno al 300 d.n.e., cuando todavía

mantiene los rasgos estilísticos de la fase anterior. En este momento se produce un interesante hecho, y es la desaparición de las representaciones iconográficas de la Serpiente Emplumada alrededor 250/350 d.n.e. Este es un momento de convulsiones en la ciudad, donde se produce la denominada por René Millon (1973) como “renovación urbana” y el proceso iconoclasta en la pirámide de la Serpiente Emplumada, que culmina con la construcción del basamento adosado y con la clausura total del túnel ritual situado debajo de ésta (M. Robb 2017; Manzanilla 2017b; Lombardo de Ruiz 1996; Beramendi Orozco, González y Soler-Arechalde 2012; Manzanilla 2012; Millon, Drewitt y Cowgill 1973; Sugiyama y Cabrera Castro 2007; Cowgill 2015; Gómez Chávez 2017).

Técnicamente, se nota un cambio notable en la finura y en la compactación de los soportes pictóricos con respecto a la etapa anterior, con una mayor adherencia en las interfases carga/matriz. En cuanto a los tamaños de las arenas la variación queda también patente; las partículas arenosas de morfología irregular tienen unas dimensiones de entre 300-400 μm mientras que las partículas rectangulares de entre 100-150 μm . Por otra parte, también se observa una continuidad en el uso de cuarzo volcánico mientras que las partículas calcáreas dejan de utilizarse como material de carga a partir de este momento. Con todo, uno de los elementos diagnóstico de esta fase son las fisuras en sentido diagonal de la matriz calcárea (Magaloni Kerpel 1996a).

Además de lo anterior, en la categoría de la composición ya durante la fase Xolalpan, se observan los elementos diagnósticos de la cuarta fase estilística. Aumenta el uso reiterado de nuevos ideogramas, como la mariposa, relacionada con el Dios del Fuego o con la Deidad Pájaro-Mariposa (Paulinyi 2014; 1995), así como las representaciones de aves y coyotes, normalmente en escenas de procesión y que aparecen solos o junto a felinos. En esta fase, también se da mayor diversidad en la representación de la figura humana, asociada a representaciones de actividades rituales relacionadas con la fertilidad y con los sembradíos, como se observa en los murales de Teopancazco o de Tepantitla (Angulo Villaseñor 1996a; Lombardo de Ruiz 1996).

Por su parte, esta fase marca el culmen del desarrollo de la paleta pictórica teotihuacana. Teotihuacan explota en una excelsa policromía con una notable variedad de juegos tonales en azules, rosas, rojos, amarillos y naranjas, con un aclaramiento general de la pintura mural. ¿A qué se debe este desarrollo cromático? ¿Se puede vincular esta ampliación de la paleta pictórica teotihuacana con los contactos que se

producen en torno al siglo IV y V de nuestra era con las áreas zapoteca y maya? El estudio comparativo de varios conjuntos teotihuacanos y la presencia de un corpus de estudio que abarca esta temporalidad nos va a permitir atender con mayor detalle a estos cambios en la tecnología del color teotihuacana.

En cuanto a las materias primas hay una continuidad respecto a la fase anterior, con la aparición un verde claro elaborado con una mezcla de malaquita y sulfato de calcio, y un verde seco elaborado con malaquita, azurita, hematita y pirolusita. La gama de amarillos y ocres se amplía con un amarillo claro, elaborado a partir de lepidocrosita con sulfato de calcio, y se sigue empleando el naranja y el negro. Por último, la gama de azules se hace más compleja con dos nuevos tonos, un azul claro de azurita con sulfato de calcio y un tono de azul verdoso denominado Azul Tetitla, preparado a partir de una mezcla de malaquita y de calcanita (CuSO_4), un sulfato de cobre (Magaloni Kerpel 1996a)

En cuanto a la cuarta fase técnica de la pintura teotihuacana, hay pocos estudios tanto en lo técnico como en lo estilístico, y por lo tanto poca información, debido en mayor medida a la escasez de restos arquitectónicos de este periodo. Los pocos restos del enlucido fino que D. Magaloni (1996a) analiza de las construcciones de Tetitla, muestran una tecnología desarrollada en la formulación de los enlucidos. Se observa un tamaño regular de entre 10-40 μm en las arenas cuárcicas y feldespáticas que indica un principio de granulometría para el tratamiento de esta materia prima. Esta similitud en cuanto a tamaño propicia una mayor compactación y resistencia mecánica a la preparación, siendo, el elemento diagnóstico de esta fase la equivalencia en la proporción de arenas y matriz de cal.

En el ámbito pictórico, la fase Metepec representa la decadencia de la pintura mural teotihuacana tal y como señala D. Magaloni (1996), con un predominio de los murales bícromos y de los colores blanco y rojo, con muy pocos ejemplos de policromía. Por otra parte, las composiciones que representan figuras antropomorfas en actitudes marciales y/o zoomorfos híbridos presentan una hechura marcadamente diferente a la teotihuacana, como se observa a través de las líneas de contorno, sumamente gruesas y quebradas en ángulos de 90°. En el caso de las imágenes, presentan unos diseños burdos que según Lombardo ejemplificarían el ocaso cultural y la inestabilidad social que vive la ciudad a partir de 550 d.n.e.

Como se menciona líneas atrás, no hay datos referentes a la tecnología del color de este periodo, por lo que, en este sentido, es uno de los grandes vacíos en la historia del color de Teotihuacan. Es por eso, que el análisis de pinturas murales con una temporalidad tardía es uno de los principales objetivos para el desarrollo de investigaciones futuras.

Tabla 2. Fases estilísticas y técnicas y sus indicadores de la pintura mural teotihuacana. Fuente: Lombardo, 1996; Magaloni, 1996

Fase temporal	ESFERA PLÁSTICA		ESFERA TECNOLÓGICA	
	Fase estilística	Indicadores de estilo pictórico	Fase técnica	Paleta pictórica
Tzacualli (1- 100 d.n.e.)	1ª fase estilística	<ul style="list-style-type: none"> - Ideogramas geométricos - Volutas entrelazadas o grecas - Yuxtaposición de colores complementarios - Línea de contorno negra 	Fase técnica I	<ul style="list-style-type: none"> • Rojo anaranjado: Óxido de hierro • Amarillo: lepidocrosita • Verde oliva: Malaquita • Negro: Pirolusita, carbón • Blanco: Carbonato de calcio, Sulfato de calcio
Miccaotli (100-170 d.n.e.)	2ª fase estilística	<ul style="list-style-type: none"> - Zoomorfos con énfasis en el jaguar - Ambientes marinos - Línea de contorno negra - 		
Tlamimilolpa temprano (170-250 d.n.e.)	3ª fase estilística	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del repertorio de ideogramas e imágenes. - Representaciones de edificios. - Motivos antropomorfos - Iconografía del Dios de las Tormentas 	Fase técnica II	<ul style="list-style-type: none"> • Rojo anaranjado: Hematita • Verde seco/olivo: malaquita + lepidocrosita • Negro: pirolusita, carbón • Amarillo: lepidocrosita • Blanco: calcita • Azul oscuro: azurita • Azul "ultramarino": Sin identificar • Verde: Malaquita
Tlamimilolpa tardío (250-350 d.n.e.)				

		<ul style="list-style-type: none"> - Línea de contorno roja - Uso masivo del rojo guinda en los fondos 		<ul style="list-style-type: none"> • Verde oscuro: Malaquita + azurita + hematita + pirolusita 	
			Fase técnica IIIa	Fase técnica II más varios tonos de rojo y rosa	
Xolalpan (350-550 d.n.e.)	4ª fase estilística	<ul style="list-style-type: none"> - Continuidad de rasgos estilísticos - Desaparición de las representaciones de la Serpiente Emplumada - Temática alusiva a rituales agrícolas 	Fase técnica IIIb	Continuidad en la paleta pictórica con mayor diversidad tonal para azules y verdes	
Metepec (550-650 d.n.e.)	5ª fase estilística	<ul style="list-style-type: none"> - Predominio bicromía en rojo. - Figuras humanas en actitudes marciales - Zoomorfos híbridos - Líneas de contorno gruesas y quebradas en ángulos de 90° 	Fase técnica IV	Blanco y rojo	-Sin datos

Propuesta de estudio: tecnología del color a través de la muralística teotihuacana

Lo primero que debemos hacer es conceptualizar el color como parte de la cultura material teotihuacana, entendida esta como los productos físicos manufacturados a partir de patrones humanos de conducta, creencias, gustos y decisiones (Lechtman 1977, 5–6).

Desde la perspectiva teórica que se propone se hipotetiza que el color funge en Teotihuacan como un bien, como un objeto, como un producto derivado de un sistema tecnológico que involucra conocimientos, procesos productivos, relaciones sociales, tecnología y técnica, así como preferencias culturales. Por lo tanto, el color, entendido como el bien utilizado para pintar esculturas, arquitectura, atavíos o el mismo cuerpo humano debió ser un producto que obedecía a una demanda que rigió por normas socio-religiosas y políticas.

Por lo tanto, este producto, que en Tenochtitlan (1200-1521) era consumido en los tianguis como “panes de color”, posee una serie de rasgos y atributos que pueden ser definidos y que deben responder a las decisiones tomadas por los artesanos en base a los gustos y demandas de cada momento.

¿Qué materias primas se utilizaron y cuál es su procedencia? ¿Cuál es la dinámica temporal del color en Teotihuacan? ¿Afectan los hitos sociopolíticos y económicos del devenir histórico teotihuacano en la tecnología del color? ¿Cuáles son procesos tecnológicos que se utilizaron?

Esta perspectiva teórico-metodológica permite entonces realizar pesquisas acerca de los conocimientos, decisiones culturales o recetas, la reconstitución de paletas de colores, variaciones y permanencias en el tiempo y a escala regional en la tecnología del color. Además de lo anterior permite investigar aspectos económicos relativos al acopio de materias primas, su procedencia, interacciones con otras áreas de Mesoamérica, redes de circulación de las materias primas y aspectos relativos a la explotación minera, es decir lo que ahondar en aspectos relativos a la tecnología del color de la sociedad teotihuacana (Jones 2002; 2004a; Jones y MacGregor 2002; Sepúlveda 2009; 2011; 2021).

Así, el análisis de la composición de un objeto o un bien producido permitirá, a través de estudios comparativos de contextos contemporáneos y de distintas temporalidades, conocer la dinámica tecnológica del color e investigar acerca de si hubo uno o varios estilos en la tecnología del color en Teotihuacan. A partir de esto, lo siguiente es disponer de un corpus representativo de fragmentos de pintura mural, que representen de la manera más amplia posible las diferentes áreas de la urbe y que comprendan temporalidades que cubran todo el Clásico teotihuacano (150/200-650 d.n.e.). Para conseguir esto, se ha establecido colaboración con diferentes proyectos e instituciones de investigación que trabajan en la Zona Arqueológica de Teotihuacan y obteniendo hasta el momento fragmentos de pintura mural de seis contextos teotihuacanos (Figura 6) y cubriendo la totalidad de las fases de la ciudad, siendo mayoritario la representatividad de fragmentos de mural de temporalidades tardías.

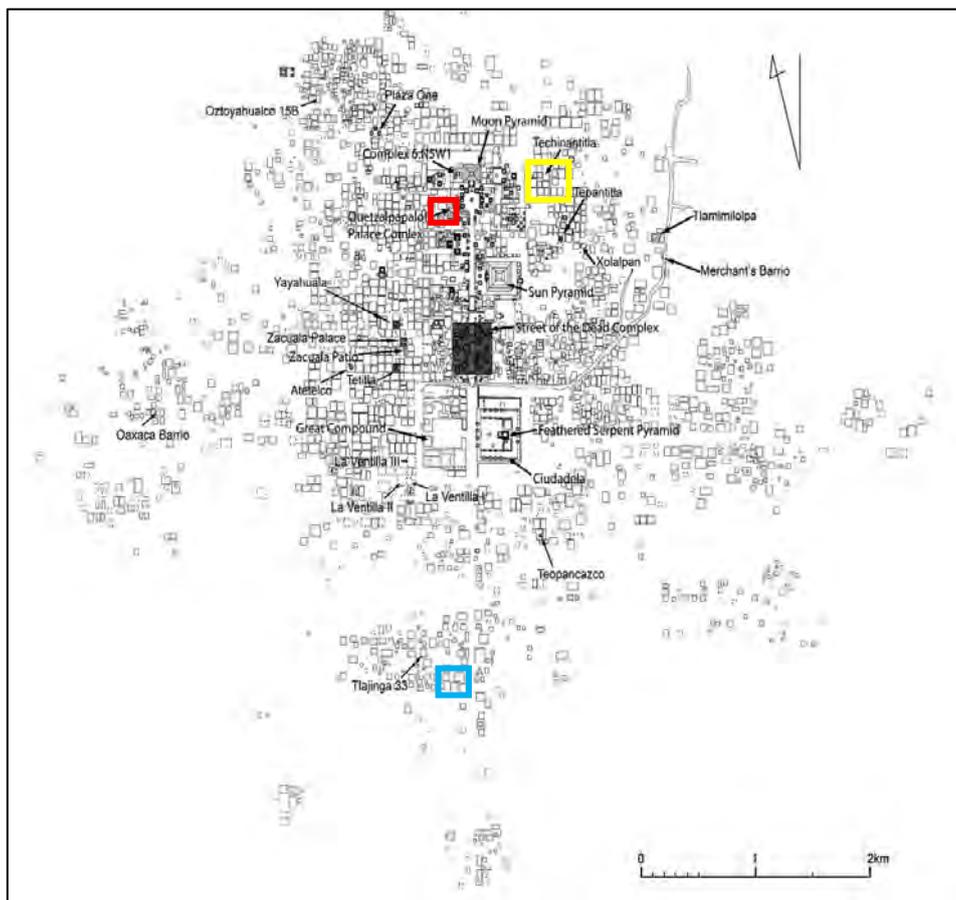


Figura 6. Plano de Teotihuacan donde se señalan los contextos de los que se dispone de frags. de pintura mural. En rojo el Conjunto Plaza de los Jaguares, en amarillo Amanalco y en azul Tlajinga Fuente: redibujado de Murakami, 2016.

Con todo, para poder definir un estilo tecnológico debemos encontrar algún atributo que sea constante, que se transmita en el tiempo, que tenga peculiaridades, que de alguna forma represente una elección de hacer las cosas de una forma y no de otra. Debemos evaluar y considerar qué atributos se perpetúan en el tiempo, su variabilidad, cambios y persistencia. Los atributos que contemplamos para el estudio del estilo tecnológico del color en Teotihuacan son los siguientes:

- o Variabilidad de la paleta pictórica entre los contextos teotihuacanos
- o Degradaciones tonales de colores
- o Materias primas generadoras del croma
 - o Caracterización
 - o Granulometría
 - o Morfología
 - o Arreglo/distribución
- o Materias primas empleadas como agregados
 - o Caracterización
 - o Granulometría
 - o Morfología
 - o Arreglo/distribución
 - o Propiedades lumínicas
- o Proporción y distribución de los componentes en la capa pictórica.
- o Grosor de la capa pictórica.
- o Superposiciones de color para crear nuevos matices o tonalidades.

A partir de investigar las materias colorantes teotihuacanas desde la perspectiva de la tecnología y el estilo tecnológico y de realizar este análisis comparativo entre los diferentes conjuntos teotihuacanos de los que proceden los fragmentos de pintura mural podremos incorporar con mayores datos al color en el devenir histórico teotihuacano, evaluando si hay una ruptura o una continuidad en cuanto a su tecnología a lo largo de la historia de la ciudad y si se vio alterada por los hitos históricos de la urbe como puede ser el lapso temporal de 300 a 350 d.n.e., cuando se produce una *renovación urbana*, un

cambio iconográfico, procesos iconoclastas y rituales de terminación y ofrendas por toda la urbe.

Junto a lo anterior, la aplicación de un protocolo de análisis multitécnica nos permite profundizar en el conocimiento de la tecnología del color teotihuacana, definiendo las materias primas y las mezclas usadas para conformar la paleta pictórica teotihuacana, así como intentar comprender sobre las técnicas de manufactura y aplicación, así como conocer preferencias culturales en cuanto a los acabados, mezclas, superposiciones pictóricas o las variaciones tonales.

2.3 Metodología de muestreo y análisis

Para la realización de los análisis arqueométricos se ha seguido una secuencia coherente de acuerdo con las características de cada una de las técnicas de análisis. El análisis de los materiales arqueológicos sigue el protocolo de actuación desarrollado por el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC-IF) del Instituto de Física de la U NAM, donde se priorizan los análisis *in situ*, no invasivos y no destructivos con equipos portátiles.

Se ha aplicado un protocolo de análisis arqueométrico donde se combina una batería de técnicas de imagen y de microscopía óptica con métodos espectroscópicos de carácter no destructivo y no invasivo (Tabla 3), y se culmina con un estudio microestratigráfico. El protocolo arqueométrico se ha estructurado a partir de tres fases, 1) análisis global con técnicas de imagen y microscópicas, 2) análisis espectroscópico, 3) análisis de estratigrafía de micromuestras con microscopía óptica y electrónica de barrido tomadas a partir de la información de la fase 1 y 2. Así a partir de este protocolo de análisis se obtiene información que va de lo global a lo específico de manera gradual y complementaria y permite ir planeando las diferentes etapas de análisis a partir de la información obtenida (Figura 7).

Tabla 3 Técnicas arqueométricas del protocolo de análisis.

Tipo de técnica	Caract. de análisis	Técnicas	Información
Imagen		Fotografía documental	Naturaleza de los colores y agrupación de pigmentos por su naturaleza
		Fotografía infrarroja de falso color	
Microscopía	No invasiva, no destructiva	Microscopía óptica (LM)	Capas y superposiciones pictóricas, acomodo y proporción de partículas
		Microscopía electrónica de barrido con espectrometría de dispersión de energía (SEM-EDS)	
Espectroscopías	No invasiva, no destructiva In situ	Fluorescencia de Rayos X (XRF)	Paleta pictórica, degradaciones tonales, clasificación de los colores, identificación de materias primas
		Espectroscopía de Reflectancia de Fibra Óptica (FORS)	
		Colorimetría	
		Espectroscopía Infrarroja (FTIR)	
		Espectroscopía Raman	
		Difracción de Rayos X (XRD)	

El desarrollo ideal del protocolo de análisis es el siguiente. En un primer momento se realiza la fotografía documental y la fotografía infrarroja de falso color de los fragmentos seleccionados. Tras la fase de revisión global y superficial se lleva a cabo la fase de los análisis espectroscópicos in situ, de forma no invasiva, con los equipos portátiles del LANCIC-IF. En esta fase es donde se obtiene la identificación de los componentes presentes en las muestras. Lo anterior a partir de la complementariedad de las técnicas empleadas. Con la fluorescencia de Rayos X (XRF) obtenemos información sobre los elementos químicos presentes en los pigmentos mientras que las espectroscopías Raman e Infrarroja proporciona la primera información sobre los compuestos minerales presentes en las muestras, lo que confirmará finalmente la difracción de Rayos X (XRD).

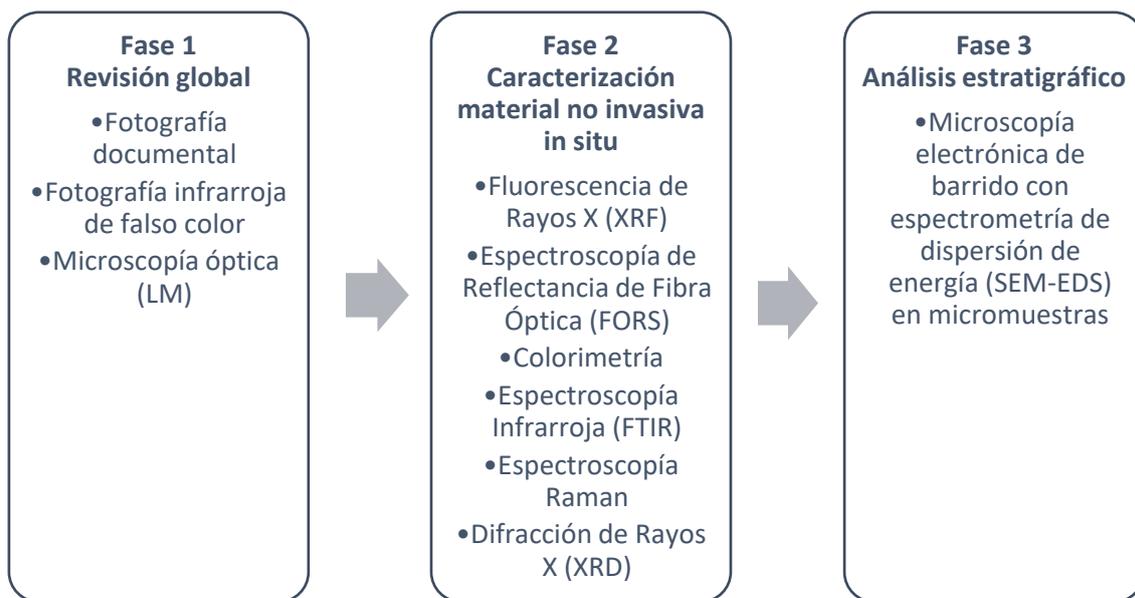


Figura 7. Fases del protocolo de análisis arqueométrico

La revisión global que permiten las técnicas de imagenología permite obtener las primeras informaciones sobre los compuestos presentes en los colores, así como realizar una mejor selección de cuáles son aquellas zonas con mayor interés para llevar a cabo los análisis posteriores. Además, esta revisión generalizada, junto a los análisis *in situ* permitirá ampliar el universo material del color en Teotihuacan y realizar una selección representativa y justificada para la posterior toma de muestras. Para ello se ha tomado en cuanto para el muestreo que los fragmentos de pequeño tamaño, que sean fragmentos residuales y que no posean un programa iconográfico rico.

Previo al muestreo se ha realizado, a partir de la fotografía documental, el registro del área específica de muestreo para que quede así registrado. A partir de la revisión previa del material se ha tomado en cuenta para el muestreo áreas degradadas, con craqueladuras en la que se vea un corte estratigráfico con las capas sucesivas de color, seleccionando áreas de los laterales del fragmento, realizando una sección transversal de la capa pictórica.

Con la sección transversal es posible observar el número y orden de los estratos (secuencia estratigráfica), la sucesión de capas pictóricas y la medición de distancia entre capas y grosores para saber si son secuencias o repintes, así como el tamaño de las partículas y su distribución.

El muestreo se ha realizado con guantes de látex, por extracción mecánica realizada con un bisturí quirúrgico. Las muestras se almacenan en tubos *Eppendorf* de 1.5 ml.

FASE I: REVISIÓN Global

En esta primera fase del protocolo analítico se llevó a cabo un examen macroscópico, microscópico y con técnicas de imagen para observar las características de las capas pictóricas, su textura y observar la naturaleza de los materiales con el objetivo de ir agrupándolos. En esta fase se han aplicado la fotografía infrarroja de falso color y la microscopía digital.

Fotografía infrarroja de falso color. Es una técnica que se fundamenta en la respuesta de la materia ante luz infrarroja en el intervalo de 700 a 1000 nm y en el espectro visible. La imagen infrarroja de falso color es por lo tanto una técnica que consiste en el intercambio de los canales de color del espectro visible de una fotografía con el objetivo de intercalar la información obtenida por una fotografía infrarroja. El proceso de construcción de la imagen de falso color consiste en desplazar los canales verde y rojo de la reflectografía visible a los canales verde y azul de la imagen infrarroja de falso color para así colocar el canal rojo en el canal disponible (Figura 8). El resultado es una imagen que contiene información tanto del rango del espectro visible como del rango del espectro infrarrojo (Rangel Chávez 2018).

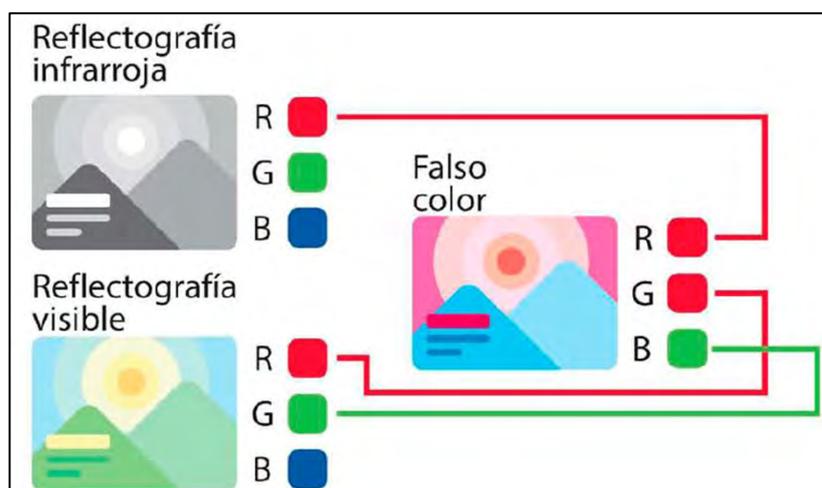


Figura 8. Diagrama de la elaboración de una imagen infrarroja de falso color.
Fuente: Rangel Chávez 2018, 67

La imagen infrarroja de falso color por lo tanto posee información propia del material fotografiado, en nuestro caso pigmentos. La distinta respuesta de cada uno de los materiales de los pigmentos varía en función de su propia naturaleza y nos permite evidenciar las semejanzas, diferencias y contrastes en la superficie pictórica, permitiendo así planear las siguientes fases del protocolo y escoger las áreas de mayor interés para la investigación. Además, a partir de la comparación con estándares de referencia elaborados en laboratorio es posible inferir los pigmentos y colorantes presentes. Las fotografías para esta técnica fueron tomadas y procesadas por Isaac Rangel Chávez.

Microscopía digital. La técnica de microscopía digital se ha utilizado con el objetivo de observar la textura de los pigmentos, así como su heterogeneidad u homogeneidad material a través de imágenes en distintos aumentos. Las magnificaciones que se obtienen con estos equipos permiten además observar superposiciones pictóricas. A partir de todo lo anterior obtenemos una primera descripción de los pigmentos en base al tamaño, morfología, distribución y arreglo de los pigmentos y capas pictóricas. La revisión bajo microscopía óptica se llevó a cabo en el LANCIC-IF, con un microscopio digital portátil *Dino-Lite Edge*, con magnificaciones a 50X, 100X y 150X, con iluminación LED directa, luz polarizada y corrección de profundidad de campo (EDOF). Las imágenes fueron adquiridas con el programa informático *Dinocapture 2.0*.

Espectrocolorimetría La aplicación de esta técnica a este estudio viene dada por la necesidad de clasificar y medir de manera objetiva la paleta pictórica investigada. La rica variedad tonal e intensidad en los colores documentados en los diferentes contextos arqueológicos, hace indispensable recurrir a esta técnica con el objetivo de obtener una medición objetiva del color.

La espectrocolorimetría toma en cuenta tres factores distintos: la luz incidente, la superficie del objeto iluminado y el aparato de medida (Wright 2010, p. 304). La espectrofotometría permite monitorear cambios en los colores, siendo un aspecto fundamental para observar cambios en la manufactura de los colores.

La aplicación de la espectrocolorimetría genera una serie de medidas de la luz reflejada por la muestra de pigmento. Esto genera resultados en forma de espectros de reflectancia que muestran la cantidad de energía reflejada por un material cuando se

excita en una región determinada del espectro electromagnético. Esto permite su caracterización a través de sus rasgos espectrales, siendo óptima para la caracterización de algunos pigmentos, particularmente los de mineral de hierro (Bacci et al. 2008).

Los espectros de reflectancia que genera esta técnica se trabajaron con el espectrocolorímetro RUBY que permite mediciones sin contacto. Los valores cromáticos obtenidos se expresan mediante las coordenadas de color del espacio CIE $L^*a^*b^*$. Como se explicó en el capítulo anterior, este sistema de color determina la saturación, el brillo y el matiz de los pigmentos. El sistema CIE $L^*a^*b^*$ permite un registro cuantitativo de las variaciones cromáticas de los pigmentos a través de tres coordenadas que representan la luminosidad (L^*), desde 0% hasta 100%, y el matiz del pigmento a partir de las coordenadas a^* y b^* . La coordenada a^* abarca del verde (negativo) al rojo (positivo), mientras que la coordenada b^* va desde el azul (negativo) al amarillo (positivo). A partir de estas coordenadas es posible definir numéricamente el matiz y la luminosidad de los pigmentos (Marey Mahmoud 2019).

A partir de los datos originados por el espectrocolorímetro en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ se ha realizado la conversión al espacio CIE $L^*C^*h^*$, en el que el valor L^* indica como en el anterior espacio la luminosidad y puede ir de 0 a 100, el valor C^* , que expresa la saturación del pigmento, es decir un valor $C^*=0$ expresa un pigmento de baja intensidad o gris y un valor $C^*\geq 80$ será un pigmento intenso y vivo, y el valor h^* expresa el matiz de ese pigmento. Para realizar esta conversión se utilizan las siguientes fórmulas matemáticas:

$$\begin{array}{l|l} \text{Pureza } (C^*) & C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \\ \text{Tono } (h^*) & h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \end{array}$$

En nuestro caso vamos a utilizar los valores L^* y C^* ya que la nomenclatura de h^* de la investigación sobre la que se basa no permite usar dicha nomenclatura puesto que se usa para pigmentos para pintura al barniz (Pasco Saldaña 2010). La nomenclatura de L^* y C^* utilizada para definir los materiales colorantes del corpus de estudio se detallan en la siguiente tabla (Tabla 4)

Tabla 4. Valores y nomenclatura del sistema CIE L*C*h*

<i>Valor L*</i>	<i>Nomenclatura</i>		<i>Valor C*</i>	<i>Nomenclatura</i>
86 – 100	<i>Blanco</i>		0	<i>Gris</i>
75 – 86	<i>Muy claro</i>		1-7	<i>Grisáceo</i>
56 – 75	<i>Claro</i>		7-25	<i>Débil</i>
35 – 56	<i>Medio</i>		25-45	<i>Medio</i>
20 – 35	<i>Oscuro</i>		45-65	<i>Vivo</i>
11 – 20	<i>Muy oscuro</i>		65-80	<i>Puro</i>
0 – 11	<i>Negro</i>		80-100	<i>Muy puro</i>

Las condiciones operativas del equipo fueron las siguientes: análisis realizados sin contacto a una distancia de 8 cm, con iluminante D65, observador CIE 1964, con un intervalo espectral de 400-700 nm y un área de análisis aproximada de 4 mm.

- *FASE II: Caracterización material no invasiva*

Espectroscopía por reflectancia de fibra óptica (FORS)

La técnica FORS se fundamentan el fenómeno de la reflexión de la luz. Al irradiar la superficie de la muestra con un haz de luz se produce el fenómeno de reflexión al interactuar el haz de luz con la materia, lo que deriva en que una parte de la radiación que incide se refleja en un ángulo determinado. Los espectros de reflectancia que genera esta técnica manifiestan en cada longitud de onda la relación entre la intensidad de la luz que se refleja y la intensidad de la luz que incide.

Esta técnica abarca tres regiones del espectro electromagnético como son el visible y el infrarrojo cercano (350-1000 nm) y el infrarrojo cercano de onda corta (1000-2500 nm). Por convención y por el tipo de información se estudian por un lado y de forma conjunta el rango del visible y del infrarrojo cercano y por otro el infrarrojo cercano de onda corta. Derivado de esta capacidad de abarcar las regiones del espectro electromagnético citadas, esta técnica permite definir colorimétricamente al pigmento y por otro obtener información acerca de su naturaleza. Es una técnica de análisis

superficial, rápida, y no destructiva muy útil a la hora de identificar pigmentos, colorantes, aglutinantes y bases de preparación.

Para esta investigación se ha utilizado un equipo portátil FieldSpect 4 de ASD inc., en el intervalo espectral de 350 a 2500 nm. Se ha utilizado una fuente de luz externa CIE de la serie D con una temperatura media de 6500 K. El equipo se ha utilizado en el modo sin contacto, con una distancia de 8 cm. El diámetro del área de análisis es de aproximadamente 3 mm.

Fluorescencia de Rayos X (XRF).

Esta técnica se fundamenta en la interacción de la radiación electromagnética (rayos X) con las capas profundas de la estructura atómica de los átomos. Al ionizar los electrones de las capas profundas de dicha estructura (K), éstos se excitan y vuelven a su estado basal a partir de múltiples transiciones electrónicas, desde los orbitales exteriores a los interiores, liberando radiación electromagnética en forma de rayos X característica de los elementos químicos propios del objeto de estudio.

Es una técnica no destructiva y no invasiva que proporciona un análisis químico multielemental en tiempo real. Se aplica en la caracterización de materiales, para resolver cuestiones de tecnología, procedencia, peritaje de obra de arte y para abordar aspectos de conservación y restauración. La técnica encuentra sus limitantes en la identificación de elementos ligeros ($Z < 13$), no da información sobre la estructura molecular y su análisis es superficial (10-100 μm). Con el desarrollo de los equipos portátiles, se han añadido versatilidad, operatividad y la posibilidad de realizar análisis in situ, expandiendo las posibilidades y aplicaciones de esta técnica en el estudio tecnológico del patrimonio cultural. Esta técnica la utilizamos para obtener información cualitativa elemental de los pigmentos y agregados lo que nos permite realizar grupos de pigmentos en base a su composición elemental.

El sistema XRF utilizado durante el proceso de análisis fue el equipo SANDRA (Sistema de Análisis No Destructivo por Rayos X), desarrollado en el LANCIC-IF (Ruvalcaba Sil et al. 2010). Este equipo cuenta con un haz de rayos X generado por un tubo de Mo de 75 W con una ventana de Be, un detector X-123 Si-PIN de *Amptek* y un colimador de 1,5 mm de diámetro. El equipo tiene aplicado dos láseres que se enfocan manualmente usando una cámara acoplada con el dispositivo para establecer el punto de análisis. Las

condiciones de análisis fueron 0.150 mA de intensidad de corriente con una energía de 35.0 keV con un tiempo de adquisición de 200 segundos, realizando tres puntos por muestra. Una vez obtenido los datos del análisis, éstos fueron procesados con el programa informático *PyMca* para obtener las intensidades de rayos elementales (Solé et al. 2007).

Para obtener interpretaciones adecuadas de los pigmentos en superficie y contrastar la información de la composición del enlucido se realizaron mediciones tanto de la superficie de la capa pictórica como del enlucido a partir de la sección transversal cuando fue posible. Así, con el objetivo de comprender si la contribución de cada elemento químico corresponde al enlucido o la capa pictórica se determinó la relación entre la intensidad de un mismo elemento en los puntos de medición de la capa pictórica y el enlucido. Si esta relación es superior a 1 se relaciona con la capa pictórica y si es menor a 1 se relaciona con el enlucido.

Espectroscopías vibracionales: Espectroscopía Infrarroja y Espectroscopía Raman

Con estas dos técnicas se cambia la escala del análisis midiendo fenómenos que ocurren a escala molecular. Estas técnicas miden dos fenómenos distintos variando la fuente de irradiación de la muestra. Ambas espectroscopías miden diferentes modos vibracionales por lo que ambas ofrecen información complementaria de la muestra analizada. Son técnicas muy sensibles que dan información cualitativa y semicuantitativa principalmente. Son técnicas válidas para materiales sólidos, líquidos y gaseosos tanto orgánicos como inorgánicos, lo que las hace muy versátiles. Ambas técnicas generan como resultados espectros, en el rango visible para una (Raman) e infrarrojo para la otra. Estos espectros se identifican mediante comparación con espectros de materiales o compendios espectrales de referencia.

Espectroscopía RAMAN.

Es una técnica espectroscópica vibracional que se fundamenta en el efecto Raman, que es uno de los dos fenómenos de dispersión que ocurren cuando la luz de la fuente de energía excita las moléculas y los agrupamientos atómicos de la muestra. Se denomina efecto Raman al fenómeno de dispersión de la luz a una frecuencia distinta a la que incide.

Esta técnica proporciona espectros característicos de minerales y de los compuestos químicos de los materiales a partir de la excitación de la muestra con un láser. La aplicación de energía en la muestra genera vibraciones en la estructura molecular característicos de cada compuesto mineral, con lo que puede ser identificado y caracterizado.

Esta técnica es adecuada para análisis de materias colorantes ya que es una técnica que combina los atributos requeridos de resolución⁹ y sensibilidad¹⁰, permite caracterizar los materiales orgánicos e inorgánicos, amorfos y cristalinos, además de no necesitar una preparación particular de la muestra (R. J. H. Clark 2002). También es posible analizar con Raman muestras de pequeño tamaño y analizar diferentes capas de secciones transversales de muestra.

Se han empleado dos equipos para el análisis. El equipo del LANCIC es un sistema portátil *i-Raman EX from BW&TEK*, con un láser de 1064 nm, una potencia máxima 120 mW y una resolución de 8 cm⁻¹. El espectrómetro está equipado con un microscopio con luz LED para focalizar el punto de análisis. Los espectros minerales característicos fueron obtenidos con mediciones de entre 5 y 10 segundos, con un radio del láser en la superficie de análisis entre 20 y 50 μm por punto.

Los análisis con espectroscopía μRaman han sido realizados en el Laboratorio de Materiales Avanzados del Instituto de Física de la UNAM por la ingeniera Cristina Zorrilla Cangas, técnica académica del citado laboratorio. El equipo utilizado es un modelo *Thermo Scientific DXR*, con un láser de 532 nm con una magnificación de 25x y 50x, apertura de 50 μm slit, con un intervalo de 3-5 repeticiones por muestra y una intensidad de laser variable.

Los datos fueron procesados con diversos programas informáticos, siendo los espectros resultantes comparados con la base de datos *RRUFF* (Lafuente et al. 2015) y literatura especializada para identificar los compuestos minerales de las muestras analizadas.

Espectroscopía Infrarroja.

⁹ Es la capacidad de distinguir entre dos señales próximas.

¹⁰ Capacidad de un instrumento para discriminar entre pequeñas cantidades de un elemento o compuesto en la muestra.

La espectroscopía infrarroja es una técnica de espectroscopía vibracional que abarca la región infrarroja del espectro electromagnético. Esta técnica analítica se basa en el fenómeno de absorción de la radiación infrarroja generada por la fuente de irradiación dando lugar a la excitación de las transiciones entre niveles vibratorios de las moléculas de la muestra.

La espectroscopía infrarroja permite caracterizar las funciones químicas de los productos orgánicos, inorgánicos, cristalinos o amorfos (Wright, 2010, p. 306). Esta técnica proporciona un espectro de reflexión de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas de manera no invasiva directamente de la superficie. La aplicación de esta técnica con el módulo de Reflexión Total Atenuada (ATR) permite analizar muestras en polvo y así complementar la información obtenida mediante XRD y RAMAN con el objetivo de caracterizar el mineral presente en la muestra de color (Doménech *et al.*, 2012).

El equipo utilizado es un equipo *Alpha* de *Bruker Optics* con un módulo de reflexión, en el intervalo espectral de 400-4000 cm^{-1} y con una resolución espectral de 4 cm^{-1} . Se tomaron tres espectros por muestra de 32 escaneos cada uno, a fin de eliminar las interferencias en los espectros. Los datos obtenidos fueron procesados con diversos programas informáticos y los espectros generados se compararon con múltiples bases de datos¹¹.

Difracción de rayos X (XRD).

Esta técnica se basa en la detección de otra de las interacciones que se produce al irradiar un material con rayos X, la difracción de esta energía por medio de su interacción con los electrones de la estructura atómica propia de un material. Esta dispersión de los rayos X se produce al tener estos una magnitud del mismo orden que los espacios de las redes cristalinas. Para que un haz de rayos X sea difractado debe incidir con un ángulo específico siguiendo la Ley de Bragg ($n\lambda = 2d \sin \theta$).

Esta técnica permite obtener información cualitativa, cuantitativa y de la estructura cristalográfica de materiales cristalinos. No es una técnica adecuada para materiales amorfos como la obsidiana. Es posible realizar con esta técnica análisis

¹¹ -N. V Chukanov, *Infrared spectra of mineral species*. Extended library, Vol. I. Springer, 2014.
-http://lisa.chem.ut.ee/IR_spectra/paint/pigments/

cualitativos y cristalográficos de pigmentos, contaminantes, productos de corrosión, así como analizar materiales cerámicos o vítreos y realizar análisis semicuantitativos).

La elección de esta técnica responde a la necesidad de identificar las diferentes fases cristalinas de los minerales presentes en los pigmentos. La posibilidad de que los pigmentos estén manufacturados con diferentes óxidos de hierro en distintas fases cristalinas, y la dificultad que conlleva caracterizar estos minerales con otras espectroscopías, explican que esta técnica resulte muy adecuada en la presente investigación.

La forma de los arreglos cristalinos determinará el mineral y sus características físicas a nivel macroscópico. A partir de la ubicación de los picos de difracción presentes en el difractograma que genera como resultado, se podrá caracterizar las fases cristalinas presentes en la muestra de color. El equipo utilizado es un equipo ADIS desarrollado en el Instituto de Física de la UNAM con un detector de fluorescencia de Rayos X, SDD Amptek (Aguilar et al. 2019).

- *FASE VI: ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL*

Microscopía electrónica de barrido con espectroscopía por dispersión de energía (SEM-EDS).

Esta técnica se basa en la interacción de un haz de electrones primarios con el objeto de estudio. Al interactuar el haz de electrones con la muestra ocurren varios efectos que son detectados con esta técnica. Por un lado, la producción de electrones secundarios que generan imágenes con relieve y permite indagar aspectos sobre la morfología, tamaño de partículas y la cristalografía de la muestra y por otro la retrodispersión de los electrones de la fuente o primarios que permiten atender aspectos de la composición elemental a partir de imágenes generadas en gama de grises donde los materiales atómicamente más pesados brillan más. Tiene una resolución espacial de hasta de hasta 10-7 mm aproximadamente.

Es una técnica que puede ser combinada con un detector de rayos X permitiendo analizar los rayos X característicos de los elementos que se producen en la muestra al ser irradiada con electrones. De esta manera, estos microscopios no sólo proporcionan una

imagen ampliada de la muestra, sino que suministra también información sobre la composición elemental del material (wt%).

Las muestras analizadas en el LANCIC-IF por la técnica académica Jaqueline Cañetas Ortega y por el técnico académico Alejandro Mitrani Viggiano se llevaron a cabo con un equipo Hitachi TM3030 Plus con un voltaje de trabajo de 15 kV con el que se adquirieron imágenes de electrones retrodispersados (BSE) y secundarios (SE). El equipo cuenta con un detector EDS *Bruker* acoplado para la caracterización de la química elemental de las muestras.

Capítulo 3. Vestigios de colores: contexto arqueológico de los materiales de estudio

(...) Teotihuacan, escenario magnífico e imponente; colorida metrópolis distribuidora de obsidiana verde; capital de un Estado singular; ciudad sagrada y centro de peregrinación; asentamiento ordenado de producción de manufacturas variadas y excelsas (...)

Linda R. Manzanilla Naim, 2017¹²

¹² Manzanilla Naim, Linda Rosa (2017b). Teotihuacan, ciudad excepcional de Mesoamérica. El Colegio Nacional

3.1. Teotihuacan, la excepción de Mesoamérica y su policromía

Teotihuacan aparece como una excepción en Mesoamérica; la urbe se erige como una anomalía dentro del marco contemporáneo de la región a través del desarrollo de un estado corporativo y multiétnico. Teotihuacan fue capital de un estado, ciudad sagrada, centro articulador del comercio, redistribuidor de materias primas y centro de peregrinación. La gran urbe destaca entre las demás ciudades de su tiempo desarrollando por primera vez en el Altiplano mexicano un estado complejo (Cowgill 1997; 2015; Manzanilla 1996; 2002; 2006a; 2008; 2009a; 2012b; 2014a; 2017a; 2017b; Hirth, Carballo y Arroyo 2020).

Teotihuacan se convierte en la primera metrópolis de la Cuenca de México, llegando a ocupar una superficie de 20 km² con un cenit poblacional de hasta 125,000 habitantes, generando un estado singular del cual surgen redes hacia áreas ricas en recursos claves, formando corredores hacia las distintas zonas de Mesoamérica. Así la urbe se erige como excepcionalidad en un marco político donde predominan las estrategias políticas de carácter exclusionista como los del área maya o zapoteca. En Teotihuacan se desarrolla una estrategia político-económica de carácter corporativo, que, junto al tamaño de la ciudad, a su planificación urbanística, la articulación de un estado laxo, discontinuo y con enclaves situados en zonas estratégicas en cuanto a materias primas o el carácter multiétnico de sus habitantes entre otras muchas características, convierten a esta urbe de la Cuenca de México en un ejempló único en el territorio mesoamericano contemporáneo (Blanton et al. 1996; Manzanilla 2001a; 2006a; 2009a; 2014b; 2014a).

Las diversas ocupaciones que ha experimentado el valle de Teotihuacan se desarrollan a lo largo de varios períodos desde el Preclásico terminal hasta el Posclásico, ubicándose su periodo de máximo apogeo entre 200-550 d.n.e., lapso que cubre el denominado periodo Clásico de la cuenca de México (Sanders 1965; 1994; Sanders, Parsons y Santley 1979).

Las fases de Teotihuacan que ocupan el horizonte Clásico son cuatro: Miccaotli (100-200 d.n.e.), Tlamimilolpa (200-350 d.n.e.), Xolalpan (350-550 d.n.e.) y Metepec (550-650 d.n.e.) (Tabla 5); éstas han sido elaboradas a partir de análisis de Carbono 14, fechamientos arqueomagnéticos y mediante tipologías cerámicas en múltiples

investigaciones desarrolladas en la urbe desde hace más de un siglo ((Beramendi Orozco, González y Soler Arechalde 2012; Beramendi Orozco et al. 2020; Rattray 1977; 1991; 2001a).

FASES TEOTIHUACAN	LAPSOS PROBABLES
MICCAOTLI	100-200 d.n.e.
TLAMIMILOLPA	200-350 d.n.e.
XOLALPAN	350-550 d.n.e.
METEPEC	550-650 d.n.e.

Tabla 5. Fases cerámicas con sus lapsos temporales (Cowgill 1997; Rattray 2001a).

Las ocupaciones primigenias de carácter sedentario en el valle Teotihuacan se remontan a los períodos Preclásico tardío con la Fase Cuanalan (400-110 a.n.e.), Preclásico terminal con las fases Tezoyuca-Patlachique (100-1 a.n.e.) y Tzacualli (1-100 d.n.e.), periodo en el que se desarrolla una serie de aldeas agrícolas de pequeño tamaño con base en una simbiosis económica intercomunal entre las mismas. Una de estas aldeas es Cuanalan, el único ejemplo de estos asentamientos tempranos excavado de manera extensiva. Este asentamiento posee una ocupación desde 370 a.n.e., a tiempos mexicas, tratándose de un pequeño asentamiento situado donde el valle de Teotihuacan conflúa con el lago de Texcoco (Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 1985; Robb 2017).

La fase Tzacualli (1-100 d.n.e.) coincide con los episodios volcánicos del Popocatepetl hacia el final del siglo I d.n.e., evento que motiva el abandono de asentamientos en las laderas orientales del Popocatepetl como Tetimpa, Petlachica o Cruz del Milagro. Estos fenómenos volcánicos provocaron movimientos de grandes contingentes de población hacia el norte y este de la Cuenca, contribuyendo de esta manera al crecimiento poblacional que experimentaron las ciudades de Cholula y de Teotihuacan. De manera simultánea, se introduce el estilo arquitectónico clásico teotihuacano, el talud-tablero, el patrón arquitectónico de la urbe en sus inicios y las plazas con tres templos (Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Plunket y Blanco 1979; Plunket y Uruñuela 1998; 2000).

Para esta fase R. Millón (1973) propone la existencia de una “ciudad vieja” ubicada en la parte septentrional de la urbe, aunque arqueológicamente sólo se ha documentado el complejo de Tlachinolpan, la Plaza 1 de de Oztoyahualco o el edificio 1 en el interior de la Pirámide de la Luna (Linda R. Manzanilla 1993; 2011).

La fase Miccaotli (ca. 100/150-200 d.n.e.) es la primera del Clásico y se caracteriza por el crecimiento de la ciudad, experimentando un notable vigor constructivo. En esta fase se han fechado varias ofrendas fundacionales en múltiples sectores de Teotihuacan como Xalla, La Ventilla o Teopanazgo entre otros, se trazan las vías principales de la urbe, la Calzada de los Muertos, la Avenida Este-Oeste y la Ciudadela. Además del trazado de las dos avenidas principales de la ciudad, se inicia el levantamiento de las primeras fases del Templo de la Serpiente Emplumada en el área meridional de la ciudad, el Grupo *Viking* y el Templo de los Caracoles Emplumados. La gran actividad constructiva de esta fase pudiera responder al desarrollo de una sólida estructura sociopolítica y a una base económica lo suficientemente estable que permitiría el desarrollo y consolidación del estado teotihuacano (Cowgill 2015; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 2014a; Robb 2017).

Durante el desarrollo de la fase Tlamimilolpa es común diferenciar dos subfases, Temprana (200-250 d.n.e.) y Tardía (250-350 d.n.e.), definidas a partir de una aparente ruptura con la ideología imperante, reflejada ésta en la arquitectura, los útiles y las representaciones pictóricas. Esta fase es un momento de crecimiento urbano y demográfico, generando un incremento de la actividad constructiva y un cambio cualitativo en cuanto al sistema de asentamientos de la metrópoli, organizándose la población en grupos corporativos dispuestos en conjuntos multifamiliares. Esto se manifiesta también con la ampliación de conjuntos residenciales multifamiliares como La Ventilla A, B y C, Tetitla, Zacuala, el Palacio del Sol, Tepantitla o Tlajinga 33 (Cowgill 2015; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 2014a; Robb 2017).

Hacia 350 d.n.e. es cuando R. Millon (1973) propone que se da un momento de “renovación urbana”, momento en el que se erige una “nueva ciudad” encima de la urbe Tlamimilolpa. Este momento coincide con fechamientos y detección de rituales de terminación alrededor de 350 d.n.e. según Manzanilla. El final de Tlamimilolpa e inicio de Xolalpan estaría marcado por un cambio notable en la ciudad marcado por evidencias arqueológicas de rituales de terminación tipo Fuego Nuevo, un posible conflicto interno

-es el momento de la destrucción del Templo de la Serpiente Emplumada y construcción del basamento piramidal en su fachada oeste-, y sacrificios humanos dedicados a la consagración de las nuevas edificaciones (Cowgill 2015; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 2014a; Robb 2017).

La fase Xolalpan (350-550 d.n.e.) es considerada como la fase del apogeo teotihuacano, siendo el periodo de mayor influencia teotihuacana, tanto al interior como fuera de la Cuenca de México. Esto puede ser percibido en el seno de edificios como el Palacio de los Jaguares o el conjunto occidental de la Calzada de los Muertos. De manera simultánea, acaecen cambios de orden iconográfico, ritual e ideológico, siendo las bases de cohesión social los lazos de parentesco y la especialización productiva. Durante Xolalpan, Teotihuacan se consolida como el centro político, religioso y económico más importante de Mesoamérica. Al final de esta fase se presenta la génesis del proceso de decadencia y colapso del estado teotihuacano, afianzado durante la fase Metepec (550-650 d.n.e.) (Cowgill 2015; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 2014a; Robb 2017).

La fase Metepec (550 - 650 d.n.e.) es considerada como el periodo que marca el final del estado teotihuacano. Durante esta fase, Teotihuacan experimenta un notable descenso poblacional, documentado arqueológicamente con el abandono de algunos sectores de la ciudad, presencia de niveles de destrucción e incendios en varias zonas de la urbe hacia 550 d.n.e. (Beramendi Orozco, González y Soler-Arechalde 2012; Beramendi Orozco et al. 2020).

El colapso de la urbe pudo darse por una multiplicidad de factores todavía no esclarecidos. Los factores que pudieron haber causado el colapso y abandono de Teotihuacan serían la sobreprolación, la sobreexplotación del medio, un escaso desarrollo tecnológico en los distintos ámbitos de la producción como la agricultura, la producción artesanal o los sistemas productivos, la dependencia establecida con las comunidades agro-artesanales, además de una contradicción entre la estrategia corporativa y la exclusionista (Cowgill 1997; 2015; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Manzanilla 2003b; 2003a; 2014a; Robb 2017;).

Los usos del color en el contexto cultural teotihuacano

Siguiendo la pauta de los grupos mesoamericanos, la ciudad de Teotihuacan debió de haber sido una explosión de color, con un predominio notable de las tonalidades rojas

aplicadas como fondo pictórico en los murales. Los colores van desde el característico rojo teotihuacano de matiz guinda y tono oscuro, al anaranjado o rosado, pasando por los ocres de tonalidad amarilla, verdes turquesa, azules de diversas tonalidades y llegando a los blancos y negros. Estos colores eran aplicados en cualquier superficie arquitectónica, en las diversas tipologías cerámicas, en las variadas expresiones escultóricas y en las artes suntuarias elaboradas de materiales tan variados como la concha o el hueso.

En Teotihuacan la pintura mural se encuentra asociada al contexto arquitectónico, pudiéndose comprimir en dos grupos principales: la pintura mural exterior aplicada en los taludes y tableros de los basamentos piramidales principales, y la pintura mural interior, aplicada en los muros del interior de los conjuntos administrativos y domésticos de la élite teotihuacana (A. Miller 1973, 36).

Tal como señalan A. Doménech Carbó *et al.* (2012) en su investigación sobre los cosméticos exhumados en el enterramiento 105-108 del centro de barrio de Teopancazco en el sector SE del centro ceremonial de Teotihuacan,

(...) el empleo de ciertos colores en el arte teotihuacano también está determinado por ese código cifrado a través del cual las imágenes pretenden transmitir mensajes relacionados con su complejo pensamiento religioso, o lo que es lo mismo, con el modo simbólico con el que esta sociedad comprendió el mundo que la rodeaba.

Junto a lo anterior, el uso del color en las prácticas funerarias teotihuacanas fue muy extenso. Sirva de ejemplo la gran cantidad de cinabrio esparcido sobre los enterramientos múltiples que fueron documentados en la Pirámide de la Serpiente Emplumada, en las inhumaciones con pigmentos rojos de cinabrio estudiados en su tesis doctoral por Julie Gazzola (2000) en La Ventilla, o en las tumbas que fueron excavados en Teopancazco por Linda R. Manzanilla Naim (Cabrera Castro, Sugiyama y Cowgill 1991; Doménech Carbó *et al.* 2012; Vázquez de Ágredos, Manzanilla y Vidal Lorenzo 2012).

Por su parte, figurillas y pintura mural documentan el uso de la pintura corporal en Teotihuacan, que debió convertirse en una expresión cromática más junto a las mencionadas de la arquitectura (pintura mural) y las artes plásticas (*i.e.* escultura pintada, cerámica pintada, caracoles pintados). A ese estallido de color contribuirían, por su parte, los colores de la indumentaria, los tocados, y otros atributos que, confeccionados con

textiles y materias primas de gran riqueza, formarían parte del crisol cromático teotihuacano.

Sin embargo, es en su contexto arquitectónico donde el color adquiere en Teotihuacan toda su expresión y dimensión. Las estructuras arquitectónicas fueron levantadas para exponer los murales y éstos dotan de significado propio a la arquitectura, siendo la pintura mural un diseño arquitectónico en sí mismo. Los vestigios de pintura mural teotihuacana son más abundantes y ricos en los conjuntos interiores, mientras que en los taludes, tableros y cornisas exteriores de los basamentos piramidales con templos hay un predominio de los rojos planos y figuras y estilos geométricos, al menos en las dos primeras fases estilísticas. La primera de ellas comprende las dos primeras fases Teotihuacanas de nuestra era: Tzacualli y Miccaotli (1-200 d.n.e.), mientras que la segunda fase estilística se sitúa entre las fases Miccaotli y Tlamimilolpa (200-250 d.n.e.). Sonia Lombardo sigue la concepción de Arthur Miller (1973), argumentando que cada una de las pinturas murales teotihuacanas es una unidad autónoma, pero al estar en un mismo espacio arquitectónico tienden a estructurar un discurso único (Lombardo de Ruiz 1996; A. Miller 1973).

De esta forma, la arquitectura, la pintura y la escultura están integradas y sirven a un fin extrartístico y polifuncional: al mismo tiempo que se levanta un muro y se le adosa una escultura, ésta se pinta, cumpliéndose así una función política, propiciando una acción divina a través del ritual y formando un entramado de relaciones económicas (Espinosa 2010, 10).

Alfredo López Austin *et al.* (1989, 65) cita al respecto de la pintura mural teotihuacana, que

(...) es producto de una aristocracia disciplinada y rígida, de una inteligencia gobernante y sacerdotal (según Covarrubias), que produjo una iconografía no «destinada para la meditación especulativa» (Westheim), la cual, no obstante, se expresó por medio de «un lenguaje conciso, inmediato, más lapidario» (Westheim), creó un arte «intensamente religioso» (Covarrubias), pero al mismo tiempo «alegre y lleno de gracia» (Westheim).

Se ha dicho que la pintura mural teotihuacana es poseedora de un discurso o lógica pictórica adaptada al espacio arquitectónico en el que se emplazaba. De lo anterior puede derivar un pensamiento lógico: que el color también seguiría entonces una organización similar, generando estructuras cromáticas que en conjunto y en el marco pictórico

general tuvieran una significación concreta. Las figuras, constituidas por campos de color, y con características de continuidad y de cohesión, se perciben como estructuras que pueden ser definidas como imágenes para cuya conformación intervienen línea, superficie, volumen de textura y el color (Lombardo de Ruiz 1996, 6).

En este sentido Magaloni (Magaloni Kerpel 2003, 168) establece que

(...) los colores forman parte del código plástico y simbólico de la representación. No son agregados secundarios (decorativos) cuyo único propósito es el de embellecer o colorear los conceptos expresados mediante el dibujo. Por el contrario, cumplen una función expresiva y comunicativa particular, cuyo contenido nos remite a categorías culturales más generales que es preciso investigar.

Señala A. López Austin (1989) que nada en la pintura mural teotihuacana es gratuito pues todo tiene significado y simbolismo. Con todos los componentes que las conforman, los creadores de las pinturas lograron un propósito primordial al combinar y componer asociaciones, un lenguaje de imágenes constantes que integraron un código estricto, con las que integraron una iconografía propia y particular (López Austin, Romero Galván y Martínez Marín 1989, 65).

Organización sociopolítica

La cuestión de la organización política en Teotihuacan es uno de los temas que mayor debate ha generado entre los especialistas. Son dos las principales tendencias que se han desarrollado desde finales de la década de los ochenta para explicar qué tipo de gobierno rigió Teotihuacan. Por un lado, investigadores como Sergio Gómez Chávez (2000), Saburo Sugiyama (2004a; 2004b; 1993; 2007), Rubén Cabrera (1990) o Evelyn Rattray (2001b) abogan por la existencia de una institución estatal centralizada y fuerte en Teotihuacan que estaría en manos de un único gobernante. Por otro lado, la línea que Esther Pasztory (1988; 1992; 1997), Zoltán Paulinyi (1986; 2001) desde la iconografía y Linda R. Manzanilla Naim (1992; 2001b; 2001a; 2006a; 2007; 2008; 2014a; 2017b) desde la arqueología defienden, y la cual sugiere la posibilidad de que Teotihuacan estuviera regido por un co-gobierno de dos, cuatro o seis gobernantes.

En múltiples publicaciones, Manzanilla Naim (*i.e.* 2001a, 2001b, 2006, 2007, 2008, 2014) propone que la organización política del estado teotihuacano podría ser corporativa, es decir, un estado donde, según Richard Blanton *et al.* (1996), el poder se

compartiría entre diferentes grupos en sociedad, donde existe interdependencia entre subgrupos, un énfasis en las representaciones colectivas y en el ritual, basado éste en la fertilidad y la renovación de la sociedad y el cosmos. La estrategia corporativa en Teotihuacan modelaría un tipo de Estado con territorios discontinuos, basado en el control sobre la producción artesanal y el intercambio de materias primas y objetos suntuarios. Esta estrategia política y económica se vería reflejada en la pintura mural, donde como señala G. Cowgill se insiste en el cargo más que en el individuo (Blanton et al. 1996; Cowgill 2015).

La estructura social de la ciudad se articularía en Teotihuacan a partir de tres vectores de cohesión social y pertenencia: los grupos étnicos, los grupos jerárquicos y los grupos de oficio; sin embargo, las investigaciones que se han realizado de las diferencias en cuanto al acceso a bienes diversos en las unidades habitacionales han permitido observar que no existen diferencias notables que establezcan estamentos sociales claramente diferenciados (Linda R. Manzanilla 1996).

Uno de los principales registros arqueológicos que permiten discernir sobre la jerarquización social son los restos de fauna y flora asociados a la dieta. Ésta era generalmente la misma, basada en el maíz, el frijol, la calabaza, perro, guajalote, conejo y venado. Los diferentes estratos sociales tenían acceso a materias primas y bienes tanto locales como alóctonos, de mayor o menor valor, documentándose diferencias en cuanto a las proporciones. Objetos muy apreciados como la mica, el cinabrio o la pizarra aparecen en contextos funerarios tanto en áreas asociadas a la élite como en los barrios asociados a los estratos sociales más bajos, lo que varía son las cantidades (Linda R. Manzanilla 1996; 2014a; McClung de Tapia 1978; Linda R Manzanilla y Valadez 2017).

René Millón (1973) establece siete niveles sociales en Teotihuacan. Una élite política asociada al Palacio de Quetzalpapalotl, el Palacio del Sol, Xalla y al Palacio Norte y Sur del Tempo de la Serpiente Emplumada; un grupo de alto nivel asociado a viviendas multifamiliares establecidas alrededor de la Pirámide del Sol; los niveles tres, cuatro y cinco corresponderían a un nivel intermedio asociado a conjuntos residenciales multifamiliares en los palacios de Zacuala, Teopanazgo y Xolalpan, que pudieron funcionar como articuladores de la vida en los centros de barrio, y los niveles seis y siete los dos últimos estamentos asociados a los complejos de Tlamimilolpa, la Ventilla B y Oztoyalco (Linda R. Manzanilla 2006a; 2009a; 2009b; 2014a).

Un punto importante dentro de la estructura social de Teotihuacan son los barrios y los centros de barrio que los coordinan. Los barrios según Michael Smith (2010; 2012) son unidades que poseen un significado social y espacial, además de un rol importante en el marco de la vida y organización urbana. En los barrios se genera una alta interacción personal entre los miembros que lo componen a partir de compartir el espacio, el trabajo y las actividades cotidianas. Por su parte, Sergio Gómez Chávez (2012) define los barrios como un fenómeno urbano complejo, como un subsistema a cuya estructura corresponde a las relaciones sociales fundamentales establecidas en torno a la naturaleza específica de los procesos de producción. En Teotihuacan los barrios habrían sido espacios comunales en los que los diferentes grupos sociales realizaban sus actividades diarias, permitiendo una perpetuación cultural e ideológica, poseyendo elementos diagnósticos como edificios públicos, una plaza pública y compuestos residenciales (Gómez Chávez 2012)

En Teotihuacan se han propuesto como posibles barrios los de población propiamente teotihuacana como los complejos de Tepantitla, Yahualala o Tlajinga, los barrios periféricos multiétnicos como Teopancazco, y los barrios foráneos como el Barrio oaxaqueño en el sector suroeste de la ciudad, un sector relacionado con Michoacán en la sección oeste y el Barrio de los Comerciantes con posibles relaciones con el área veracruzana en la sección este. En estos barrios la cultura material, los estilos arquitectónicos y las prácticas funerarias reafirman la identidad étnica de los pobladores (Carballo 2019; Gómez Chávez 1998; Manzanilla 2012b; 2012a; Ortega Cabrera 2014; Rattray 1989; 1992; Widmer y Storey 2012).

En contraste con los barrios foráneos, aquellos propiamente teotihuacanos pueden presentar tres morfologías diferentes: pueden configurarse como plazas de tres templos a cuyo alrededor se situarían los conjuntos residenciales y donde predominarían las actividades de tipo artesanal, como barrios para la élite con una arquitectura formal con funciones administrativas y amplios espacios al aire libre, y como barrios multiétnicos situados en la periferia liderados por las élites intermedias (Linda R. Manzanilla 2009a; 2012b).

Los barrios y los centros de barrios son los espacios donde actuarían las élites intermedias de Teotihuacan. Éstas habrían fungido como elemento de cohesión y articulación de la urbe y como unidad social generadora de tensiones y de ruptura en el

tejido social, político y económico de la ciudad. Se han propuesto 22 posibles centros de barrio en Teotihuacan, reconocidos a partir de la localización de una serie de elementos diagnósticos que se detallan en el siguiente párrafo (Froese, Gershenson y Manzanilla 2014; Manzanilla 2006; 2009a; 2012b).

Los centros de barrio teotihuacanos estarían configurados a partir de una plaza central (> 170 m² de extensión) dedicada a rituales de carácter público y a cuyo alrededor crecería el resto del conjunto. Los centros de barrios dispondrían de varios sectores con funcionalidades diversas, disponiendo de un sector administrativo con posible presencia de objetos vinculados con la administración como sellos de estampa con iconografía del Dios de las Tormentas o la flor de cuatro pétalos, un sector artesanal especializado, un sector posiblemente dedicado a la guarnición militar, un sector de almacenamiento de alimentos y materias primas, un sector de cocinas y un área abierta para la posible realización de festividades, actividades de intercambio o practicar el juego de pelota (Gómez Chávez 2000; Linda R. Manzanilla 2012b; 2012a).

Una de las características identitarias de la estructura social teotihuacana es la vivienda multifamiliar. Las viviendas multifamiliares toman forma de conjuntos arquitectónicos separados por muros perimetrales sin ventanas que albergaban a varias familias. Las familias teotihuacanas compartirían probablemente tanto el territorio doméstico como el parentesco y el oficio, aunque cada una ellas poseería una deidad tutelar y cocinas diferenciadas (Manzanilla 1996).

Los conjuntos habitacionales consisten generalmente en varios cuartos dispuestos en torno a espacios abiertos como patios rituales, patios de servicio o áreas de desecho. La arqueología ha permitido conocer el área de los diferentes tipos de conjuntos domésticos quizás asociados a diferencias de estatus. Los había de tres tamaños; muy grandes (>3500 m²), medios (en torno a 2300 m²) y pequeños (280-550 m²) (Linda R. Manzanilla 1993; 2006a; 2009a).

Nuevos proyectos como el *Proyecto: Investigaciones arqueológicas en Teotihuacán* iniciado en 2017 en colaboración entre el Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas (Luis Barba, Agustín Ortiz y Jorge Blancas) y la Universidad de Barcelona (Natalia Moragas Segura y Alessandra Pecci) en un área de 500 m² al este de la Calzada de los Muertos aportarán nuevos datos sobre

los barrios teotihuacanos y sobre el desarrollo urbanístico de Teotihuacan (Pecci et al. 2020).

El sistema económico y productivo teotihuacano

Teotihuacan ha sido modelado como una comunidad agro-urbana con una economía administrada y tutelada en cierto grado, donde el acceso a ciertas materias primas y la producción de ciertos bienes estaba controlado por el estado. Al respecto, en numerosas publicaciones se asume que la mayor parte de la población teotihuacana estaría dedicada a la producción agrícola para mantenimiento personal, con estimaciones que sitúan a dos terceras partes de la población se dedicada a tareas agrícolas y siendo el locus principal de producción social y económica en la urbe la unidad doméstica. La manufactura de artesanía como cerámica, implementos de obsidiana o figurillas se llevaron a cabo principalmente dentro de los complejos departamentales o en los espacios comunes de los barrios. Bajo este sistema productivo, las economías domésticas pasaron a ser economías de escala en las que las diversas actividades de adquisición, producción y distribución se dividieron con el fin de maximizar la eficiencia (Hirth, Carballo y Arroyo 2020)

Otro aspecto largamente discutido por los especialistas es si la economía urbana de Teotihuacan estuvo organizada alrededor de un gran mercado desde el que se distribuiría gran parte de las materias primas que llegaban a la urbe, proponiendo como el caso de Millon que estaría situado en el Gran Conjunto, frente al complejo de La Ciudadela. Sin embargo, nunca se han realizado excavaciones dedicadas a resolver esta cuestión, por lo que no hay consenso sobre si este espacio pudo ser el principal centro distribuidor de materias primas y bienes en la ciudad (Clayton 2021; Hirth, Carballo y Arroyo 2020; Millon, Drewitt y Cowgill 1973; Cowgill 2015).

A pesar de los interrogantes todavía por resolver, está bien documentado que el trabajo artesanal en Teotihuacan es junto a los intercambios macrorregionales, uno de los pilares del sistema económico de la urbe. Es en la fase Miccaotli cuando los sistemas de canalización son clausurados, la tierra dedicada al cultivo utilizada en la construcción de la Pirámide del Sol y lo que antaño fue sembradío pasa a ser área urbana. La actividad artesanal se convierte en uno de los principales motores de la urbe, lo que, junto al desarrollo del intercambio de materias primas y objetos y el establecimiento de enclaves

en áreas geográficas con recursos estratégicos para la economía teotihuacana, permitió a Teotihuacan la posibilidad de consolidarse en el centro de un complejo sistema de relaciones económicas y sociales (Carballo 2013; Cowgill 2015; Gómez Chávez y Gazzola 2011; Manzanilla 2006b; Manzanilla et al. 2011).

Los artesanos teotihuacanos trabajaron en una amplia variedad de contextos dentro de la ciudad como en talleres independientes o administrados por las élites o en talleres patrocinados por grupos con alto poder adquisitivo; la mayoría de los talleres estaban en residencias, aunque en ciertos casos está bien documentada su estrecha relación con el control del estado teotihuacano como el taller de obsidiana anexo a la Pirámide de la Luna o el taller de incensarios tipo Teatro situado en la Ciudadela (Cowgill 2015; Hirth 2020; Nichols 2016).

En Teotihuacan, una gran parte de la población estaría de esta forma dedicada a la actividad artesanal multiespecializada con base en una organización corporativa plasmada en tres focos, los conjuntos departamentales, los centros de barrio y los conjuntos de tipo palaciego. Como al parecer fue generalizado en el resto de Mesoamérica, en Teotihuacan la unidad primaria de producción es el conjunto doméstico, con un trabajo diversificado por eficiencia e involucrando una organización corporativa cimentada en los grupos de oficio y en el ritual comunitario (Carballo 2013; Hirth 2011; Linda R. Manzanilla 2006b; Linda R. Manzanilla et al. 2011; Múnica Bermúdez 1985; Rovira Morgado 2008).

La investigación en Teotihuacan en cuanto a actividades artesanales se ha focalizado en cuanto a materiales, sobre todo a la industria de la obsidiana (Carballo 2007; 2011; 2013; Spence 1967; 1984; 1986), debido a la profusión de materiales arqueológicos documentados en el *Teotihuacan Mapping Project*, seguido de la cerámica (Cabrera Cortés 2011; Krotser y Rattray 1980; Múnica Bermúdez 1985; Rattray 2001b). Sin embargo, desde los inicios del siglo XXI se han desarrollado numerosas investigaciones que han permitido ampliar la gama de actividades artesanales llevadas a cabo en Teotihuacan, donde se ha documentado producción artesanal de lapidaria y concha (Cabrera Cortés 2009; Gazzola 2005; Gómez Chávez 2000; Gómez Chávez y Gazzola 2011; Melgar Tísoc, Solís Ciriaco y Ruvalcaba Sil 2012; Melgar Tísoc y Solís Ciriaco 2018; Rosales de la Rosa 2004; Rosales de la Rosa y Manzanilla 2011; Turner 1988; Manzanilla et al. 2011; Velázquez Castro, Bautista y Pérez Roldán 2009) o de estuco (Barba Pingarrón

2005; Barba et al. 2009; Barba Pingarrón y Córdoba Frunz 2010; Barca et al. 2013; Murakami 2010; 2015; 2016; Pecci et al. 2018).

De manera menos profusa que en las actividades artesanales citadas en el párrafo anterior, se han desarrollado estudios que han documentado talleres dedicados a la elaboración de los atavíos para las élites teotihuacanas en Teopancazco y Xalla y evidencias de artesanía textil en el Barrio de los Comerciantes (Linda R. Manzanilla et al. 2011; Carballo 2013).

En cuanto al color en Teotihuacan son escasas las investigaciones en lo relativo a su producción de color, se cuenta con la investigación realizada sobre metates con restos de color en su superficie de trabajo en Teopancazco (Zurita y Santiago 2009); la posible extracción de colorantes de moluscos en este mismo centro de barrio (Rodríguez Galicia, Valadez Azúa y Martínez Mayén 2017). Es de interés el trabajo de Ligia Sánchez Morton (2013) quien documenta en el sitio 46C en el cuadro del mapa Millon (1973) N4E2, un sector dedicado al almacenamiento y producción de pigmentos, con un total de *ca.* 29 kg. de material colorante en su mayor parte rojo y materiales asociados a su elaboración como un mortero asociado a producción de rojo de cinabrio. En este trabajo, L. Sánchez Morton propone que el sitio 46C sería un taller dedicado a la obtención, manejo manufactura y almacenamiento de pigmentos.

La intensificación de la producción, la especialización artesanal y el intercambio de bienes fueron elementos de suma importancia en el contexto de las relaciones económicas y sociales. A lo largo de la historia teotihuacana, surgen repartidos en la trama urbana enclaves foráneos que se dedican a actividades económicas independientes como el *Tlailotlacan* o Barrio Oaxaqueño en el margen oeste de la ciudad, el barrio de los comerciantes con población con vínculos culturales con la Costa del Golfo en el sector este de la ciudad, al igual que ocurre con Teopancazco, y por último el enclave vinculado con las culturas de Occidente, también en el oeste de la ciudad, a pocos metros del Barrio Oaxaqueño (Ortega Cabrera 2014; Palomares Rodríguez 2007; Rattray 1989; Gómez Chávez 1998; Michelet y Pereyra 2009; Manzanilla 2011).

El trabajo artesanal en Teotihuacan es, junto a los intercambios interregionales, uno de los pilares del sistema económico de la urbe. Es en la fase Miccaotli (*ca.* 50/100-200 d.n.e.) cuando la actividad artesanal se convierte en uno de los principales motores de la urbe, lo que, junto al desarrollo del intercambio y el establecimiento de enclaves en

áreas geográficas con recursos estratégicos, permitió a Teotihuacan consolidarse en el centro de un complejo sistema de relaciones económicas y sociales.

3.2 Materiales de estudio. El color a través de la pintura mural de cuatro conjuntos arquitectónicos teotihuacanos.

Principales características de la pintura mural teotihuacana

En este punto, se va a explicar de manera concisa las características de la pintura mural teotihuacana con el objetivo de entender la técnica, así como los materiales de elaboración del soporte del objeto de estudio de esta investigación, los colores de la paleta pictórica teotihuacana.

Cuando hablamos de pintura se hace referencia a una preparación y a una mezcla, a una cadena operativa que conjuga materias primas, saberes, gestos, decisiones realizadas por un sujeto o su grupo, en contexto(s) social(es), espacial(es) e histórico(s) específico(s). Para el caso específico de la pintura mural, se debe añadir el componente arquitectónico, conformando de esta forma un binomio indivisible. A raíz de esto y como señala el teórico del arte Max Doerner (2011, 228–29) “la pintura mural es una pintura que no depende exclusivamente de ella misma, sino que también de la arquitectura que la rodea y del color y forma de los espacios inmediatos (...)”. Como también menciona Diana Magaloni (1996:189) la pintura mural además de ser una técnica de representación pictórica es una técnica arquitectónica ya que delimita y califica al espacio tanto en un sentido material como en un sentido simbólico, dotándolo de significado, al mismo tiempo que adquiere una dimensión real al abarcar al espectador en su marco de referencia.

Las técnicas pictóricas de la pintura mural se suelen clasificar en diferentes categorías y pueden darse solas o, a menudo, en combinación. La pintura mural puede ser elaborada al **fresco** cuando se trabaja sobre un enlucido de cal húmeda, al **secco** cuando se pinta con pintura a la cal, o con emulsiones al temple y/o aglutinantes de origen orgánico vegetal o animal como puede ser la baba de Nopal, el mucílago de orquídea o la cola de conejo. Es común encontrar la denominación de técnica mixta cuando se emplea pigmentos a la cal sobre un enlucido húmedo. El proceso por el cual

los pigmentos se mantienen al enlucido es diferente entre ambas técnicas, en la técnica al fresco los pigmentos quedan fijados a la superficie del muro debido al proceso de carbonatación que ocurre cuando la cal absorbe el anhídrido carbónico del aire formando carbonato de cal, lo que genera una película cristalina y fina de carbonato de calcio que fija los colores, haciéndolos insolubles. En la técnica al secco es el aglutinante el que fija los colores a la superficie seca del muro (Doerner 2011, 229-43).

Atendidas ya las generalidades de la pintura mural como técnica artística, es hora de considerar las particularidades de la pintura mural teotihuacana, a sus características principales, técnica pictórica y materiales. La pintura mural de Teotihuacan se caracteriza por su apariencia brillante, la saturación de sus colores y la precisión de sus composiciones y formas. Su estilo bidimensional con los característicos fondos rojos saturados y su tendencia a la claridad de las formas son parte de sus características estilísticas y formales (Magaloni Kerpel 1996b; 1996a).

Sobre la técnica pictórica empleada todavía hay debate, ya que se ha escrito largo y tendido sobre si es un *auténtico* fresco, si se combina la técnica del fresco o del secco o si por el contrario se utiliza pintura a la cal sobre un enlucido fresco. No es el objetivo de esta tesis abordar esta cuestión, sin embargo, actualmente se entiende la pintura mural teotihuacana como una pintura al fresco en la que se utilizaron colores a la cal para reforzar la fijación de estos al soporte.

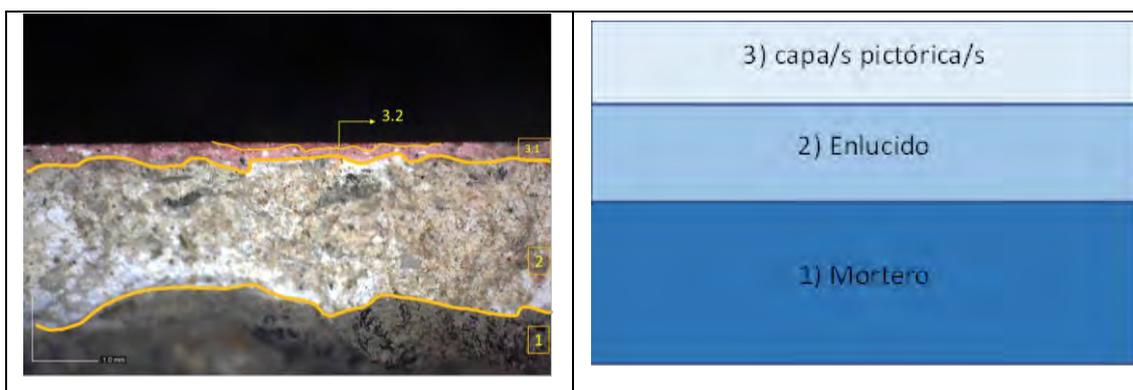


Figura 9. Estratigrafía general de la pintura mural teotihuacana. Izq: estratigrafía pictórica de fragmento de pintura mural de Tlajinga.

Si se atiende a su estratigrafía (Figura 9), a la estructura en la que se disponen las diversas capas que conforman el nexo entre el mural y la estructura arquitectónica la pintura mural teotihuacana presenta un mortero de espesor considerable compuesto principalmente por piedra volcánica molida y arcillas, un enlucido de cal, yeso y agregados diversos de espesor muy variables y sobre este las diversas capas pictóricas.

Además de los enlucidos de cal y yeso documentados y que conforman de manera general la base sobre la que se dispone la capa pictórica, se han documentado pintura mural sobre adobe en varios conjuntos de la ciudad como las estructuras Pre-Ciudadela, el Conjunto Plaza de los Jaguares o Techinantitla. La amplia temporalidad de los conjuntos, que van desde tiempos Miccaotli (ca. 150 d.n.e.) hasta tiempos Xolalpan (ca. 450-550 d.n.e.) permiten pensar en una convivencia más o menos extendida de la pintura mural sobre tierra y la pintura mural sobre enlucidos de cal y/o yeso (Argote et al. 2020; Guzmán García Lascurain 2019; Goguitchaichvili et al. 2018; Martínez Sales 2018).

Contextos y materiales de estudio

Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco

El conjunto arqueológico denominado como Amanalco se ubica al noreste del centro de Teotihuacan, en el sector N5E2 del mapa elaborado por René Millon (Figura 10). El conjunto arquitectónico comprende un el conjunto de trece estructuras entre las que están el conjunto de Techinantitla y el conjunto de Tlacuilapaxco. La historia de este conjunto es larga desde que resultara saqueada en la década de los sesenta. Derivado de este saqueo, se conoció la riqueza de este conjunto en cuanto a restos de pintura mural. Los 145 fragmentos de pintura mural extraída ilegalmente reflejaron una técnica pictórica refinada y con una alta calidad estética debido al carácter figurativo de sus temáticas y a su riqueza polícroma. Una parte del corpus extraído en el saqueo de los sesenta fueron legados al *Fine Arts Museums of San Francisco (California)*, en 1976 conformando lo que se conoce como la Colección Wagner. Es en 1986 cuando en torno a la mitad de los 80 fragmentos que conforman esta colección regresan a territorio mexicano (Millon 1988; 1991; Millon y Sugiyama 1991; Muñoz Fuentes 2014; 2019).

La prospección arqueológica del conjunto da inicio en la década de los sesenta dentro del *Teotihuacan Mapping Project* (TMP) dirigido por R. Millón. Con base en los trabajos de prospección que interpreta el sitio como un conjunto departamental. Desde los primeros recorridos de superficie el conjunto dio muestras de la riqueza de restos de pintura mural con la recuperación por Clara Millon en 1965 de aproximadamente 20 fragmentos de pintura mural en superficie como resultado de un saqueo anterior. A partir

de observar el volumen de materiales en superficie y de los reconocimientos superficiales R. Millon y su equipo definen el sitio como un conjunto de varias estructuras. Dada la ubicación del conjunto y la relación con otros conjuntos como el Grupo 5 o el complejo palaciego de Xalla, R. Millon lo relaciona con el centro cívico-ceremonial de la ciudad (Millon 1972; Millon 1991; Millon y Sugiyama 1991; Muñoz Fuentes 2014; 2019; Ruvalcaba Sil et al. 2021).

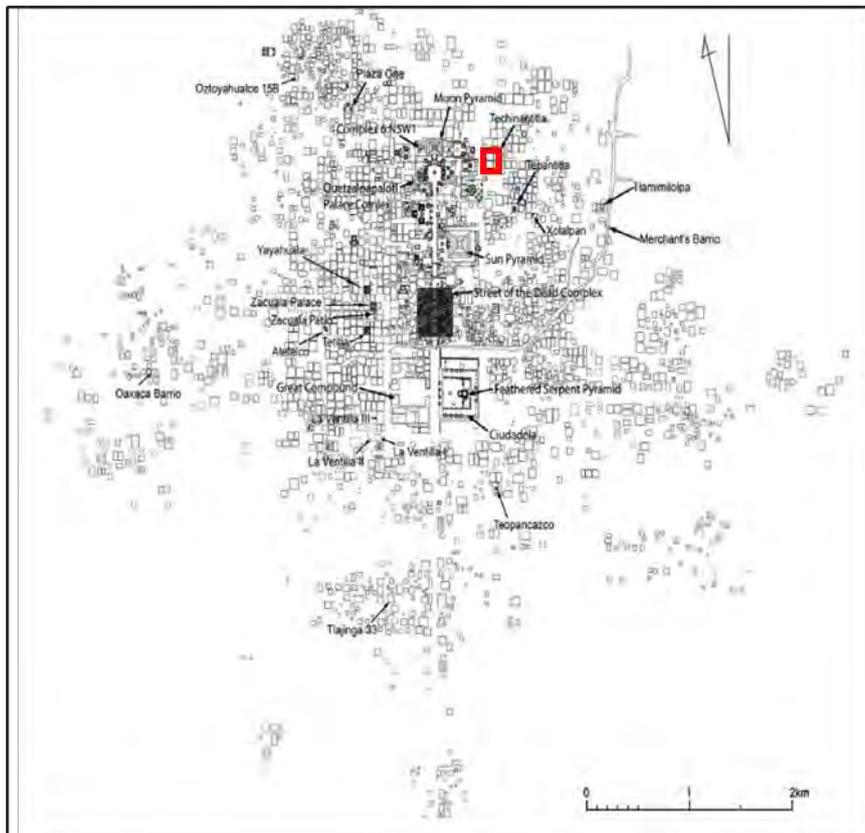


Figura 10. Ubicación del Barrio de Amanalco en Teotihuacan. Modificado a partir de Murakami, 2016:64.

Tras observar el potencial del sitio surge el *Proyecto Amanalco* como una ramificación del TMP para realizar catas arqueológicas que permitieran conocer la arquitectura, el desarrollo del sitio y comprobar la procedencia del corpus de pintura mural teotihuacana saqueada resguardada en el *Fine Arts Museum of San Francisco*. A partir de 1984 inicia la excavación de Techinantitla mediante 16 trincheras en cinco estructuras de Techinantitla (E2, E9, E11, E12 y E13) y en una en Tlacuilapaxco (E14) (Figura 11) (Millon 1988; 1991; Millon y Sugiyama 1991).

A partir de la excavación de las trincheras proponen que Techinantitla es un único conjunto departamental de grandes dimensiones, entre 75x95 m. y 100x115 m. El conjunto constaría de varias estructuras dispuestas en torno a lo que piensan podría ser

un templo de con pórtico y cuarto de 12x20 m. con su entrada por E9 y E11. Al sur del templo documentan varios muros con talud tablero y que exhiben restos de pintura mural con procesión del Dios de las Tormentas en el muro norte (5x5 m.) de uno de los cuartos del conjunto (cuarto Tláloc) (Figura 12) (Millon 1988; 1991; Millon y Sugiyama 1991).

Derivado de los trabajos de prospección y de catas arqueológicas a partir de trincheras se recuperan alrededor de 1500 fragmentos de pintura mural monocroma, bicroma y policroma, tanto sobre estuco como sobre barro o adobe. Las temáticas reflejadas y el estilo con el que se elaboran estos fragmentos refuerzan la riqueza estética y técnica de la pintura mural de este conjunto arquitectónico (Millon 1991; Millon y Sugiyama 1991; Muñoz Fuentes 2014; 2019; Ruvalcaba Sil et al. 2021)

La reciente investigación llevada a cabo en el marco de la tesis doctoral en historia del arte de Margarita Muñoz Fuentes (2014, 2019) ha esclarecido la distribución espacial y el desarrollo arquitectónico de Techinantitla además de proporcionar nuevas fechas para el conjunto a partir de dataciones arqueomagnéticas. A partir de mapas de elevaciones y técnicas de prospección con georadar y resistividad eléctrica, cruzándolo con los datos topográficos tomados por el

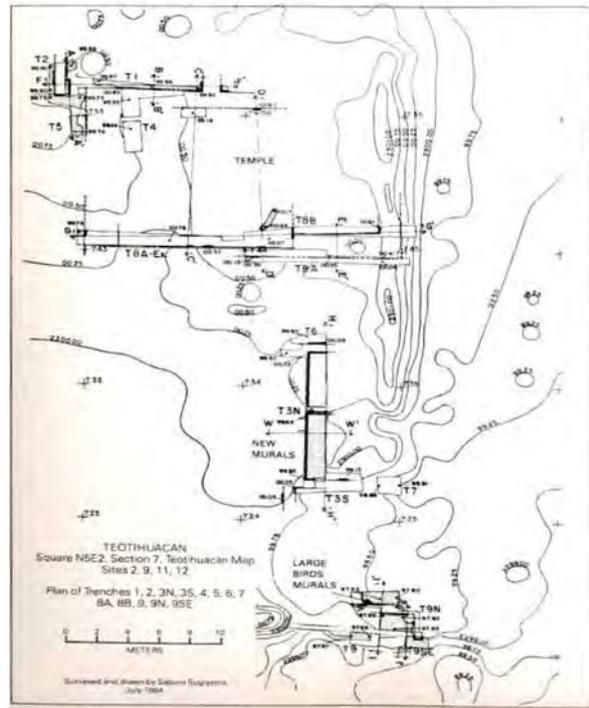


Figura 11. Mapa topográfico de la sección de Techinantitla. Nótese las trincheras de excavación (T6, T9A..) y la localización de la pintura mural (Millon, 1988:95).

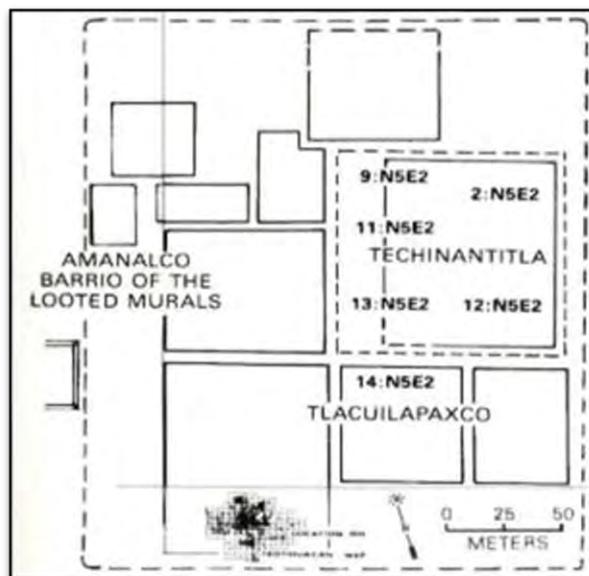


Figura 12. Barrio de los murales saqueados donde se indican la localización de las estructuras en Techichantitla y Tlacuilapaxco (Millon, 1988:97).

equipo de R. Millon en 1984, M. Muñoz localiza los muros, a menos de un metro de profundidad, que conformaron los espacios arquitectónicos del conjunto. Propone que la arquitectura de Techinantitla aparenta ser un complejo de cuartos de grandes dimensiones en torno a un templo principal con patio y salida al oeste, similar a Yayahuala pero a una escala tres veces menor, con espacios abiertos al norte del templo, al centro y al sur con dos posibles accesos, uno al noroeste y otro al sur (Figura 13). Junto esto, los nuevos muros detectados en los trabajos de prospección llevados a cabo por el Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM sugieren la posible presencia de más restos de pintura mural (Millon 1991; Millon y Sugiyama 1991; Muñoz Fuentes 2014; 2019; Ruvalcaba Sil et al. 2021).

Así pues, los fragmentos pictóricos recuperados en Techinantitla y Tlacuilapaxco conforma uno de los corpus más ricos de pintura mural, tanto in situ como desprendida, de Teotihuacan y se puede comparar a la de otros conjuntos como Tetitla o Tepantitla. El repertorio muralístico que exhiben estos dos conjuntos destaca por la profusión de su paleta pictórica, la técnica y el estilo de la elaboración. La rica policromía convive con murales en los que las degradaciones tonales del rojo cobran todo el protagonismo. Así la paleta pictórica de Amanalco esta compuesta por seis colores básicos, rojo, rosa, amarillo, verde, azul y negro, a partir de los cuales, mediante degradaciones, mezclas de materias primas y superposiciones, se generan una amplia variedad de tonos y matices.

Dentro del conjunto se han documentado in situ diversas escenas murales que han sido denominadas en función de la temática que exhiben. Los murales in situ se han documentado en el conocido como Cuarto Tláloc (E2), situado al sur del templo principal, donde se localiza el mural con las representaciones del Dios de las Tormentas, el mural de la Gran Diosa y el de la Serpiente Emplumada Diosa (Trinchera III norte). Otra de las grandes temáticas en la pintura mural es la representación de fauna, principalmente aves de gran tamaño. La serie de aves grandes se ubica 10 metros al sur del Cuarto Tláloc (E2) en la pared norte de un corredor o pasillo. Fuera ya del conjunto de Techinantitla, en Tlacuilapaxco se ubica el mural conocido como del Sacerdote del Maguey (E14).

La posible temporalidad de la pintura mural ha sido analizada desde la arqueología, la historia del arte y de manera colateral por sus materias primas desde la geología y la mineralogía. En la mayor parte de los casos se ubica en la fase Xolalpan Tardío, entre los años 450 y 550 d.n.e. La asociación temporal se ha propuesto a través

de la cerámica recolectada cerca de los muros por el equipo de R. Millon, quien la ubica entre 650-750 d.n.e. a través de los rasgos estilísticos. Otra de las asociaciones temporales es la realizada por Sonia Lombardo a partir también del estilo de los murales. A partir de las tonalidades de color y la complejidad de las cenefas en taludes y tableros, Sonia Lombardo las sitúa en la cuarta fase estilística (Xolalpan 450-550 d.n.e.) (C. Millon 1972; R. Millon 1991; R. Millon y Sugiyama 1991; Muñoz Fuentes 2014; 2019; Lombardo de Ruiz 1996; Ruvalcaba Sil et al. 2021).

La última aportación en este ámbito es la realizada por Margarita Fuentes (2019), quien a través del análisis arqueomagnético de tres bloques de enlucido de cal de un tramo de muro localizado en superficie a 20 m al sur de la pintura mural in situ, sitúa la temporalidad del conjunto entre 472 y 522 d.n.e, es decir a partir de Xolalpan Tardío y en las décadas previas al gran incendio de 550 d.n.e.

Corpus de estudio de la pintura mural de Amanalco

Los fragmentos de pintura mural estudiado provienen del corpus recuperado por el equipo de R. Millon en 1984 en los recorridos de superficie y las excavaciones en las siete estructuras que conforman el conocido como Barrio de las Pinturas Saqueadas o Amanalco, que comprende los conjuntos de Techinantitla y de Tlacuilapaxco. El corpus de fragmentos de pintura mural excavados en estos dos conjuntos ha sido catalogado por el *ASU Teotihuacan Research Laboratory* en tres colecciones. La Colección 1 con material proveniente del recorrido de superficie, la Colección 2 con el material proveniente de las excavaciones de las

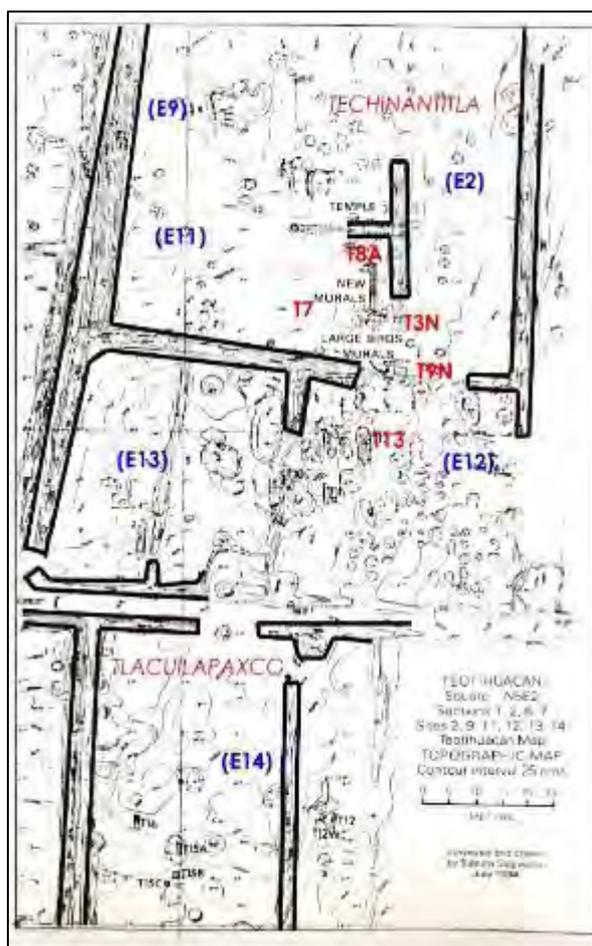


Figura 13. Mapa topográfico donde se señalan las estructuras del sitio y las trincheras de excavación de donde proceden los fragmentos de pintura mural. Modificado a partir de Millon y Sugiyama 1998, 2.

trincheras y la Colección 3, donde se agrupan los fragmentos de mural mayores a 20 cm de longitud máxima. La mayor parte del corpus estudiado de este contexto, 55 de 66 fragmentos de pintura mural, proviene de la colección 2 asociadas a los principales murales localizados *in situ* en el sitio.

Del *proyecto Amanalco* se han revisado más de 1800 fragmentos de pintura mural, realizando un total de 654 fichas, registrando sus datos de excavación y procedencia, el tipo de artefacto, el número de catálogo, los colores observables en su capa pictórica y la documentación fotográfico de cada uno de los fragmentos.

A partir de la exploración llevada a cabo, se realizó la selección de aquellos fragmentos de pintura mural que pasarán a formar parte de la investigación. Se ha hecho una selección de 66 fragmentos de pintura mural catalogados en la Colección 1 y 2 y cuya relación puede consultarse en el Anexo, pp.305-306. Los criterios que se siguieron para la elección de los fragmentos fueron: (1) obtener una representación de todas las estructuras del conjunto, (2) tener representación de la paleta pictórica característica de Techinantitla y Tlacuilapaxco y (3) en aquellos contextos de excavación con varias capas estratigráficas se trató de obtener la paleta pictórica completa en cada una de las capas de excavación. Lo anterior con el objetivo de poder investigar el desarrollo de la paleta pictórica del sitio a través del tiempo.

El mural del sacerdote del maguey (E14-Tlacuilapaxco)



Mural del Tláloc verde (T3N-Techinantitla)



Mural del gran pájaro (zona de saqueo entre E2 y E12-Techinantitla)



Mural de la Gran Diosa (T3N-Techinantitla)



Mural de grandes aves (T9N-Techinantitla)



Mural de la Serpiente Emplumada (T3N-Techinantitla)



Figura 14. Murales a los que se asocian los fragmentos de pintura mural investigados. Fuente de las imágenes: De la Fuente, 1996.

En la Figura 14, se ha señalado la localización de las trincheras de excavación de donde proceden los fragmentos de pintura mural seleccionados para esta investigación. Junto a esto, se ha constatado que dentro del corpus estudiado se cuenta con fragmentos de mural asociados a los siguientes murales recuperados o saqueados en años previos a la realización del Proyecto Amanalco como son los señalados en la Figura 15.

Los 66 fragmentos escogidos para realizar las pesquisas acerca de la tecnología del color de este conjunto comprenden tanto murales bícromos donde se observa la maestría de los artesanos teotihuacanos a la hora de manejar y obtener diversas tonalidades a partir del color rojo, como murales que exhiben una rica policromía conformada por una paleta pictórica que combina colores como el rojo, el rosa, el amarillo, el verde o el azul. De todos los fragmentos seleccionados destacan por su rareza: el A59, el único con evidencia de pigmento negro; el A2 con presencia de un rojo de matiz anaranjado y, por último, la presencia de un pigmento de matices violáceos observado en dos fragmentos de pintura mural recuperados en los recorridos de superficie del equipo de R. Millon (A3 y A4). El resto de los fragmentos posee la paleta pictórica base que se ha citado líneas arriba, con variaciones en el matiz y en los tonos, fenómeno que se observa sobre todo en el color rojo y azul como se detalla en el siguiente capítulo (Figura 16).

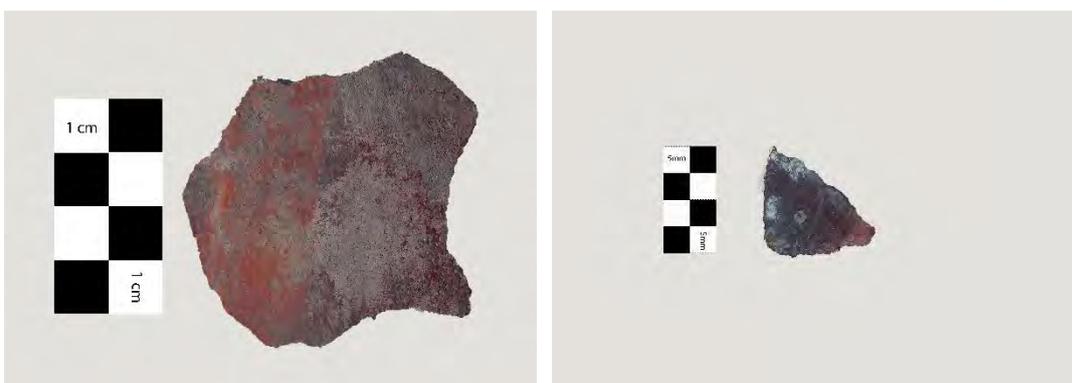


Figura 15. Algunos de los fragmentos con los pigmentos más inusuales de Amanalco. Fotografías realizadas por Isaac Rangel Chávez. Muestra A2 (izq.), muestra A4 (dcha.)

Complejo Patio de los Jaguares

El conjunto Jaguares forma parte del Complejo Arquitectónico Quetzalpapálotl, excavado en su mayor parte durante varias temporadas de trabajo entre 1962-1965 por Jorge Acosta como parte del proyecto general de investigación que Ignacio Bernal realizara en los años sesenta. El conjunto se ubica al suroeste de la Plaza de la Pirámide de la Luna y al oeste del Palacio Quetzalpapálotl (Figura 17). La fase actual y visible del Conjunto Jaguares consta de varias habitaciones y patios, fechados entre los años 450 y 550 d.n.e. en plena fase Xolalpan (Ortega Cabrera 2020; Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leaños 2013; Rodríguez Torres 2014).

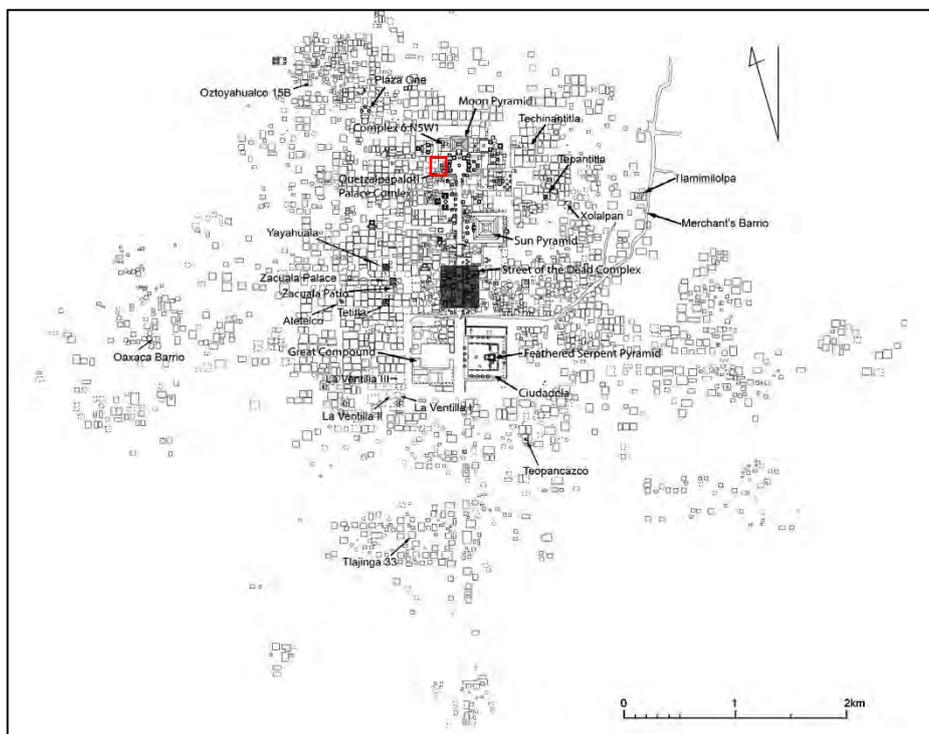


Figura 16. Ubicación del Conjunto Plaza de los Jaguares en Teotihuacan. Modificado a partir de Murakami, 2016:64

El conjunto posee un patio principal de unos 188 m² rodeado de estancias de función indeterminada y que presentan ricos ejemplos de pintura mural. El estado de conservación de estos espacios es desigual, siendo los aposentos del lado norte los que mejor estado de conservación presentan. Por la calidad de los diseños de pintura mural, se cree que estos espacios fueron habitados por personas de la élite teotihuacana. En la sección oeste del conjunto se encuentra una estructura de dos cuerpos con talud-tablero y escalinata principal con arranques escultóricos en forma de crócalos de serpiente, al pie de las alfardas que conformaría el espacio religioso principal del conjunto. Tanto en los sillares de la escalinata como en la piedra tallada conservan restos de pintura roja. En la sección noreste del conjunto, existe la evidencia de una etapa constructiva que cubrió los

pórticos de los felinos en el lado norte. Ésta consta de un cuarto y un pórtico con restos de pintura mural parte de ella registrada por Miller desde 1973 (Ortega Cabrera 2020; Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leños 2013; Rodríguez Torres 2014).

Los fragmentos de pintura mural estudiados de este conjunto provienen de las excavaciones que se realizaron por el *Proyecto de conservación integral del Conjunto Patio de los Jaguares* entre 2012 y 2014. Durante estas temporadas fueron intervenidas la sección central, norte y sur del complejo revelando subestructuras que exhibieron una rica variedad, de colores y diseños, de pintura mural. El análisis de los fragmentos de cerámica recuperadas muestra que la principal ocupación del sitio fue en la fase Tlamimilolpa tardío. Es en esta fase donde se ubican temporalmente los fragmentos de pintura mural que se estudiaron de este conjunto.

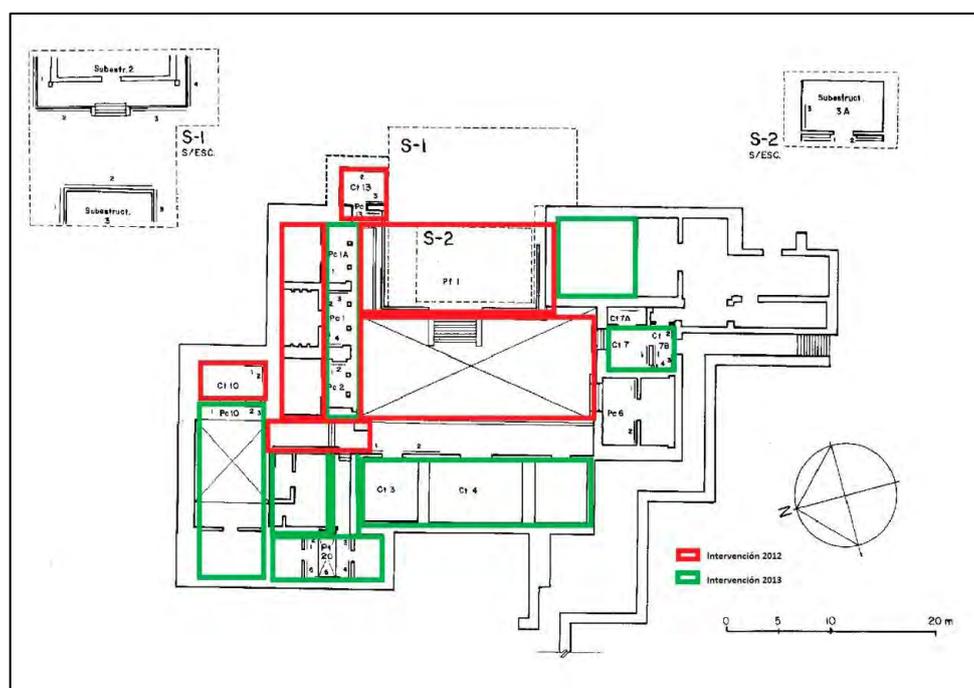


Figura 17. Espacios intervenidos en las temporadas 2012, 2013 y 2014. Fuente. (G. D. Rodríguez Torres, 2014, p. 9)

En la temporada 2012 y 2013 los trabajos de excavación, restauración y conservación del proyecto se han ocupado de los cuartos 2, 1A, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 7, 7b, 8 y sus respectivos pórticos, así como el Patio 20, Patio 10, el Templo Principal, el Patio de los Jaguares y dos corredores, el de acceso al Patio 10 y el de acceso al Patio 20 (Figura 18). Las excavaciones de la temporada 2012 se concentraron en la evidencia del patio con pintura mural de *conchas y gotas de sangre*, localizado como subestructura del patio 10 de fase Xolalpan que se ve en la actualidad. La temporada 2014 se llevó a cabo

una cata arqueológica en el corredor de acceso al conjunto (Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leños 2013; Rodríguez Torres 2014).

Los contextos específicos de procedencia de nuestro corpus de materiales corresponden al Pozo 9, el Patio 10, el Cuarto 8 y el corredor de acceso al conjunto (Figura 19).

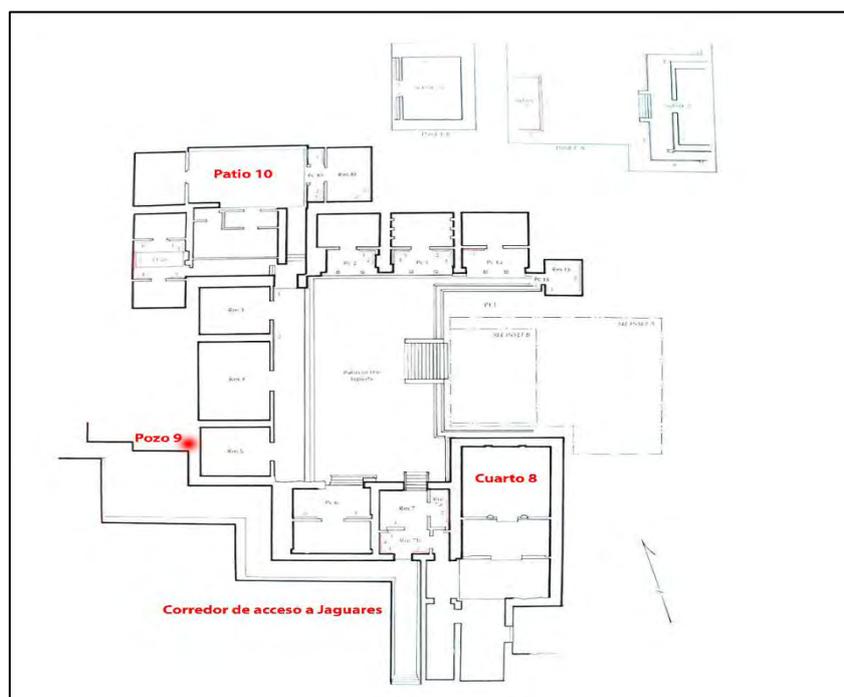


Figura 18. . Plano del Conjunto Patio de los Jaguares con los contextos específicos de los fragmentos de pintura mural. Fuente: Modificado por el autor a partir de De la Fuente: 1996

Pozo 9

La excavación del pozo 9 (Figura 20) derivó de los trabajos de investigación sobre el estado de conservación del Conjunto, para investigar humedades y filtraciones en los aplanados de los cuartos alrededor del Patio de los Jaguares. El pozo se excavó en los cuadros N4W1.24.14.70 y en el cuadro N4W1.25.15.61 y se ubican al oeste de los cuartos 3, 4 y 5 del patio de los Jaguares.

En el Pozo 9 se determinaron siete capas estratigráficas. La pintura sobre adobe con pigmento rojo (QJ17) se recuperó en la capa IV, a una profundidad de 50-70 cm desde la capa superficial (Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leños 2013, 95–96; Rodríguez Torres 2014).



Cuarto al oeste del Patio de los Jaguares



Pozo 9. Capa superficial



Capa IV con restos de pintura mural roja sobre adobe

Figura 19. Imágenes del cuarto donde se excavó el Pozo 9 y de la capa donde se recuperó la pintura mural roja sobre adobe. Fuente. (Rodríguez Torres, Romero Meneses, y Castañeda Leaños 2013, 95-96)

Patio 10

En cuanto al Patio 10, éste se ubica en el sector noroeste del conjunto junto al cuarto 10A y el pórtico 10A. Al realizarse las excavaciones en la esquina sureste del Patio 10 comenzaron a salir los vestigios de pintura. a esta temporalidad se asociación tres secciones de escalinatas, dos de ellas con alfardas, además de restos de taludes asociados que constituían el patio cuyo acceso se supone estaría en el lado sur. Las evidencias de pintura mural se documentaron debajo del piso 2, concretamente en taludes, escalinatas y alfardas de la con motivos naturalistas de gotas de sangre y conchas de la escalera sur. La pintura mural se encuentra debajo del piso 2 (Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leaños 2013; Rodríguez Torres 2014, 24–25).

Los restos de pintura mural la documentan aplicada sobre una “delgadísima” capa de enlucido con una paleta pictórica polícroma donde los motivos naturalistas están realizados en dos tonalidades de pigmento rojo guinda y rosa medio sobre un fondo “azul

marino-negro azulado". Todos los escalones de las tres escalinatas encontradas tenían el peralte pintado con agrupaciones de dos grupos de cinco gotas de sangre cada uno o gotas múltiples alternadas con dos conchas bivalvas (Figura 21). Asocian esta pintura mural para la tercera fase estilística (Lombardo 1996) correspondiente a una temporalidad Tlamimilolpa (Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leños 2013; Rodríguez Torres 2014, 28).



Figura 20. Detalle de la escalera sur y los restos de pintura mural documentada. Fuente Rodríguez Torres, 2014.

Cuarto 8

El Cuarto 8 se encuentra en el área 4, en la sección sur del Conjunto Jaguares. En el centro de este cuarto se documentó un pozo de saquero de 3x 4m aproximadamente donde se identificaron 5 niveles de ocupación o pisos de estuco. El nivel de ocupación de procedencia de nuestra muestra es el piso 4 en el que se ha documentado una subestructura (banqueta) que corre de este a oeste. Se trata del muro norte de un espacio o cuarto previo a los últimos momentos y el cual se encuentra asociado con el piso 4, el cual tiene bordes rojos en varios espacios, lo mismo que se ve en el cuadro de excavación que de donde proceden las muestras (Figura 22). La principal ocupación definida por los fragmentos cerámicos hallados en las dos áreas de excavación es

Tlamimilolpa (55.75%) seguido por Xolalpan Temprano (18.23%) (Rodríguez Torres, Romero Meneses y Castañeda Leaños 2013; Rodríguez Torres 2014).



Figura 21. Arriba izq. Vista general del Cuarto 8 con el área de saqueo. Arriba. dcha. área de saqueo excavada con los niveles de ocupación expuestos. Abjo. izq. Piso 4 asociado a banqueta roja. Abjo. dcha. Banqueta roja asociada a Piso 4. Fuente: Rodríguez Torres, 2014.

Corredor de acceso al Conjunto Patio de los Jaguares

El corredor de acceso al conjunto fue excavado en la temporada 2014 partir de una cala en sentido este-oeste. Una vez retirada la capa superficial se documentó un apisonado de arcilla con grava de tezontle negro el cual corresponde al último nivel de superficie de época prehispánica.

Los fragmentos de pintura mural se asocian temporalmente a la fase Xolalpan (350-550 d.n.e.) y se documentaron sobre los muros y paramentos. Sobre la Pared este a nivel del apisonado de arcilla, se observó la presencia de un enlucido pintado de color rojo mientras que, en la cala este-oeste, al avanzar hacia el norte, se localizaron fragmentos de enlucido polícromo desprendidos posiblemente del paramento. Los fragmentos de pintura mural investigados de este contexto corresponden a los fragmentos desprendidos y recolectados por los responsables del proyecto (Figura 23) (Sánchez López 2014).



Figura 22. Muros con pintura documentados en las excavaciones del corredor de acceso al complejo.
Fuente: Sánchez López, 2014, pp. 19-20.

Corpus de estudio de la pintura mural del Conjunto Patio de los Jaguares

A partir de la revisión del *corpus* disponible se realizó la selección de 23 fragmentos de pintura mural (Tabla 6). En la selección se tuvo en cuenta que fueran fragmentos residuales y que se cubriera toda la paleta pictórica presente en el Conjunto Jaguares. Los materiales están conformados en su mayoría por fragmentos de pintura mural sobre enlucido de estuco, sin embargo, contamos también con muestras de pintura sobre adobe asociadas a la misma temporalidad. La pintura mural sobre soporte de estuco muestra una gama de colores en la que predomina el rojo en varios tonos. La paleta pictórica se completa con amarillo, naranja, verde, negro y azul grisáceo. Por el contrario, los fragmentos de pintura mural sobre adobe están todos ellos pintados de rojo.

Dado el volumen de algunas piezas, se decidió junto a la directora del proyecto tomar micromuestras para su posterior estudio en laboratorio. Las muestras, menores a 3 mm, fueron tomadas con un bisturí mediante extracción mecánica bajo la dirección y supervisión de la restauradora de la Zona Arqueológica de Teotihuacan y directora del proyecto Gloria Torres Rodríguez. La selección se basó en los siguientes principios: priorizar fragmentos que no presenten iconografía compleja, en fragmentos de pequeño tamaño y residuales, de áreas periféricas del fragmento y el priorizar áreas con craqueladuras o fracturas. De esta forma la afectación causada al fragmento de pintura mural es mínima.

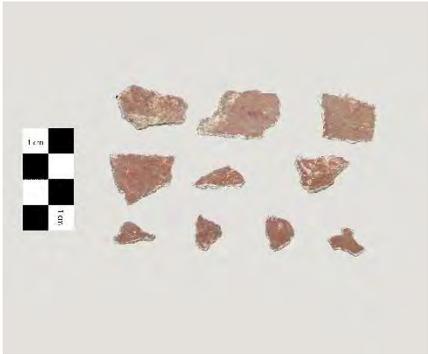
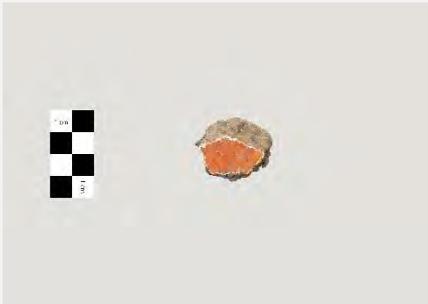
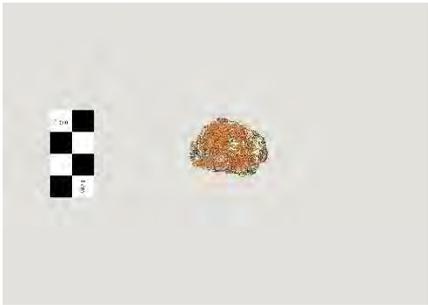
Para la extracción, se realizó una incisión en el área seleccionada para la extracción y se aplicó una leve presión para obtener la muestra, las cuales se almacenaron

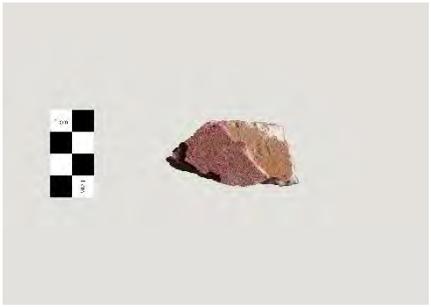
en tubos *Eppendorf* de 1.5ml. Una vez seleccionado el *corpus* de estudio se comenzó el proceso de obtener los datos de excavación específicos de cada uno de los fragmentos con el objetivo de asociar cada uno de los fragmentos de pintura mural con los contextos arqueológicos de procedencia específicos. La tabla que se presenta a continuación es el resultado del proceso de este proceso de investigación de los informes de excavación. A partir de su lectura se ha podido establecer la localización exacta de cada uno de los fragmentos de pintura mural, así como la temporalidad asociada ya que estos datos no estaban disponibles en un primer momento (Tabla 6).

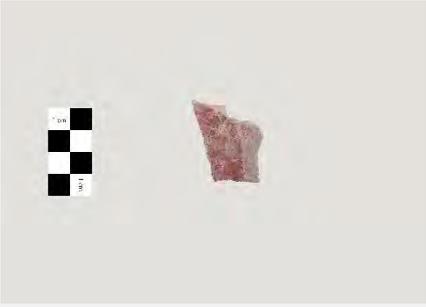
Tabla 6. Muestras del Conjunto Patio de los Jaguares estudiadas.

MUESTRA	SOPORTE	PALETA PICTÓRICA	CONTEXTO DE EXCAVACIÓN	FOTOGRAFÍA
QJ01	Estuco	Rojo, anaranjado	Pasillo a reticulados	
QJ02	Estuco	Negro	Patio 10 (subestructura), piso 2, escalera sur	
QJ03	Estuco	Verde	Cuarto 8	

QJ04	Roca	Rojo anaranjado	Cuarto 8	
QJ05	Roca	Verde	Cuarto 8	
QJ06	Roca	Amarillo	Cuarto 8	
QJ07	Estuco	Rosa, rosa claro	Patio 10 (subestructura)	
QJ08	Roca	Verde	Patio 10 (subestructura)	
QJ09	Roca	Rojo	Patio 10 (subestructura)	
QJ10	Estuco	Rosa	Cuarto 5, muro sur (derrumbe)	

QJ11	Estuco	Rojo	Cuarto 8, muro norte, piso IV (nivel más antiguo)	
QJ12	Estuco	Rojo	Cuarto 8 Cuarto 8, piso IV (nivel más antiguo)	
QJ13	Estuco	Rojo, anaranjado		
QJ14	Estuco	Gris-azul	Patio 10 (subestructura)	
QJ15	Estuco	Rojo	Patio 10 (subestructura)	
QJ16	Estuco	Anaranjado	Patio 10 (subestructura)	

QJ17	Adobe	Rojo	Pozo 9 (oeste cuartos 3, 4 y 5)	
QJ18	Estuco	Rojo, verde	Pasillo a reticulados, capa IV	
QJ19	Estuco	Anaranjado	Pasillo a reticulados, Capa IV	
QJ20	Estuco	Rojo, amarillo	Corredor acceso al conjunto, muro oeste y medio de la cala 1,	
QJ21	Estuco	Gris-azul, rojo, negro	Corredor acceso al conjunto, muro oeste y medio de la cala 1,	
QJ22	Estuco	Rosa	Corredor acceso al conjunto, muro oeste y medio de la cala 1,	

QJ23	Estuco	Verde, rojo	Andador 7 (Cuarto 7)	
------	--------	-------------	-------------------------	--

Tlajinga

Tlajinga es el nombre que recibe el agrupamiento de conjuntos arquitectónicos localizado a unos 3 km al sur del centro cívico-ceremonial de Teotihuacan, en el margen oeste de la Calzada de los Muertos, ocupando los cuadrantes S3W1 y S4W1 (Figura 24). El distrito de Tlajinga ocupa un área de 1 km², representando uno de los mayores agrupamientos de conjuntos departamentales de carácter multifamiliar de la zona sur de la ciudad. Este agrupamiento de conjuntos arquitectónicos ha sido catalogado como un posible distrito periférico teotihuacano ocupado por una población de un perfil socioeconómico bajo, mayoritariamente teotihuacana y dedicada a la producción de cerámica Anaranjado San Martín y lapidaria en pizarra. Los conjuntos departamentales de Tlajinga presentan diferencias en tamaño y arquitectura a través conjuntos elaborados en adobe y otros con mampostería de piedra, lo que evidencia, junto a otros indicadores, de la presencia de distintos niveles socioeconómicos dentro del distrito (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021; Widmer y Storey 2012; Widmer 2019).

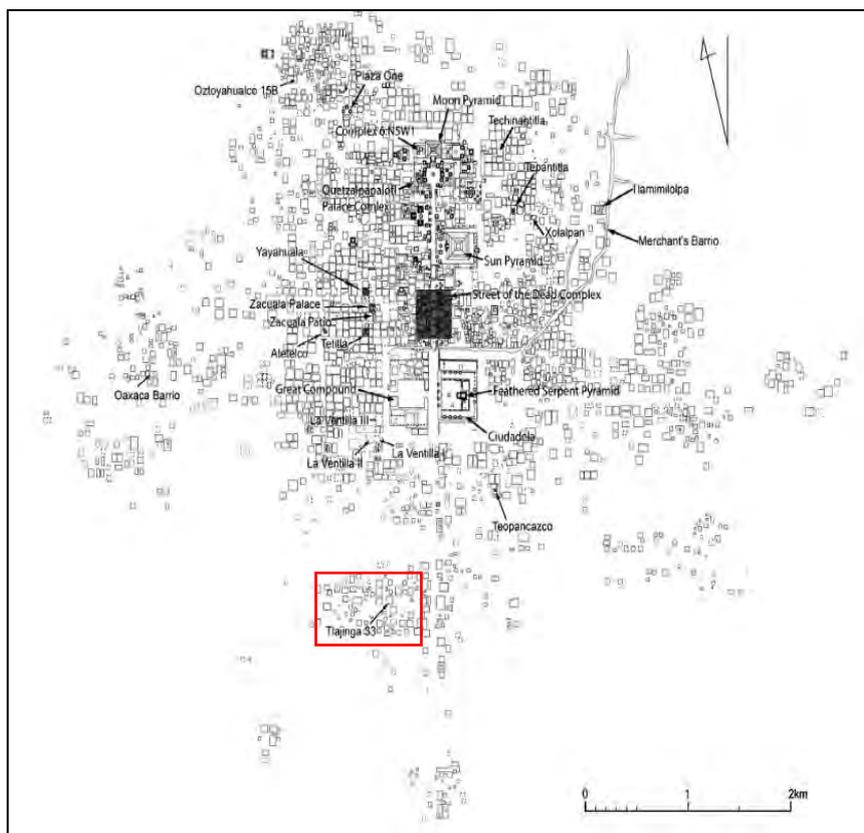


Figura 23. Ubicación del distrito de Tlajinga en el plano de Teotihuacan. Fuente de la imagen: Murakami 2010

Los primeros trabajos en este conjunto corresponden al equipo del *Teotihuacan Mapping Project* (Millon, Drewitt y Cowgill 1973) y estuvieron dedicados tanto a la

prospección del sitio como a la excavación de uno de los conjuntos departamentales, el conocido como Tlajinga 33. En su trabajo publicado en 1973, R. Millon propone que dentro del propio distrito de Tlajinga se encuentran múltiples barrios de los que, partir de los trabajos de catas arqueológicas y prospección, se han inferido al menos tres barrios, organizados a partir de tres grandes plazas o patios. Junto a Tlajinga 33, Michael Spence propone a partir de los trabajos de prospección de R. Millon la existencia de un conjunto dedicado a la producción de navajillas de obsidiana en el conjunto 17:S3E1 (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021; Spence 1967; 1986; Widmer y Storey 2012; Widmer 2019).

La ocupación humana de la zona sur de Teotihuacan se ha documentado en Tlajinga a partir de la estratigrafía del conjunto 18:S3E1 desde la primera centuria de nuestra era, con agrupamientos dispersos de casas unifamiliares elaboradas en materiales perecederos, hasta la fase Metepec (550-650 d.n.e.). Lo que en un principio se configura como un asentamiento disperso evoluciona hacia un conjunto de departamentos multifamiliares densamente habitado que implica un cambio en los hábitos domésticos y la realización de rituales comunales en las plazas centrales de los conjuntos. Esta transición entre la vivienda unifamiliar a los conjuntos departamentales multifamiliares se documenta a partir de Tlamimilolpa temprano (170-250 d.n.e.).

Los conjuntos 17:S3E1 y 18:S3E1 han permitido observar el alto nivel de acceso a bienes importados y objetos suntuarios de origen local como conchas marinas, una vasija trípode estucada polícroma o una máscara de piedra. La ubicación de estos dos recintos a lo largo de la extensión sur de la Calzada de los Muertos sería un indicador más de la aparente desigualdad social dentro de Tlajinga, dando muestra de medios económicos algo mayores y de redes sociales más amplias que los que habitaban Tlajinga 33 (Carballo 2017; Carballo et al. 2019; 2021).

Las últimas exploraciones en Tlajinga se han desarrollado en el marco del *Proyecto Arqueológico Tlajinga-Teotihuacan* desde el año 2012 hasta la actualidad. Este proyecto ha trabajado en este sector de Teotihuacan con el objetivo tanto de excavar el posible taller de obsidiana (17:S3E1) propuesto por el *Teotihuacan Mapping Project* como de investigar el desarrollo urbanístico, la organización de los conjuntos departamentales y su variabilidad socioeconómica, productiva, de consumo y otras actividades de un distrito o conjunto de barrios periférico teotihuacano (Carballo et al. 2019; 2021).

La excavación por parte del Proyecto de dos conjuntos en el área suroeste de Tlajinga en 2019, la que Widmer y Storey (2012, 106) denominan Subdistrito este, ha proporcionado novedosos datos en lo relativo al nivel socioeconómico y el acceso a objetos suntuarios por parte de sus habitantes. La excavación extensiva de dos conjuntos departamentales ubicados en la sección suroeste del barrio, los conjuntos 2:S4W1 y 4:S4W1, ha permitido profundizar en las diferencias socioeconómicas dentro de Tlajinga a través de la presencia de una arquitectura más elaborada y la presencia de objetos de prestigio y larga distancia como mica, *Spondylus sc.*, magnetita, piritita y concha trabajada.

Estos dos conjuntos, ubicados en el margen oeste de la Calzada de los Muertos, poseen mayores dimensiones que el resto y presentan una arquitectura en mampostería de piedra, estucada y con pintura mural bícroma y polícroma. El hallazgo de la pintura mural supone un interesante aporte ya que es hasta el momento, el único hallazgo de pintura mural con iconografía compleja en el área periférica de Teotihuacan.

El conjunto 4:S4W1 es un espacio configurado por varias estructuras alrededor de un patio de aproximadamente 64-80 m², un área que corresponde notoriamente inferior a otras plazas de complejos como Tetitla o La Ventilla (Figura 25). Las estructuras excavadas por el PATT (Estructura 4A y 4B) se sitúan al este y al sur, con una tercera probable estructura al oeste. El posicionamiento del patio en el eje del complejo podría estar indicar que fue utilizado como un espacio abierto secundario dentro del complejo, similar a lo visto en otros conjuntos como Zacuala o Tetitla de nuevo. La aparición de un Huehuetéotl en el centro patio, la ausencia de enterramientos bajo los pisos en los

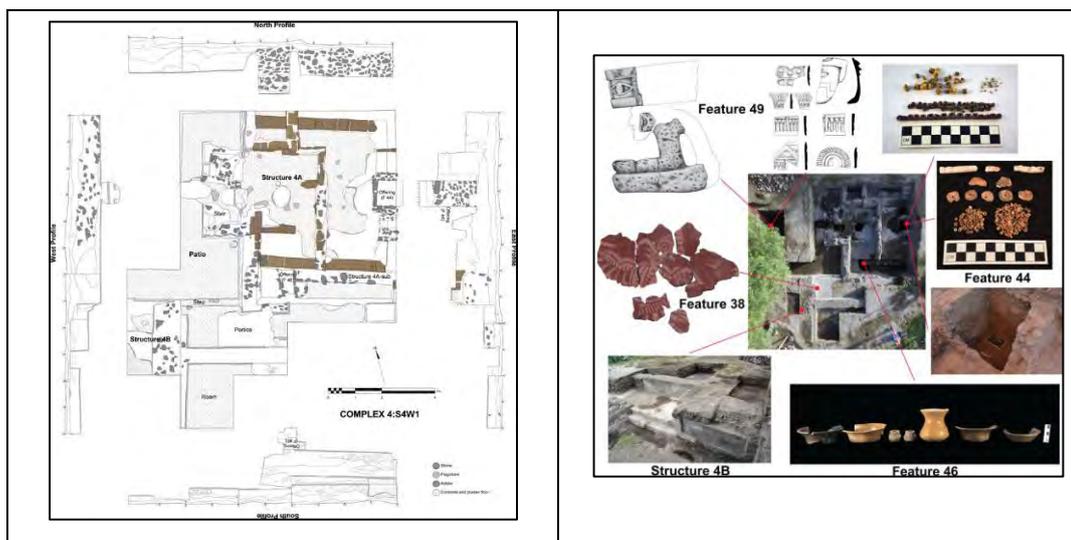


Figura 24. Plano del complejo 4:S4W1 (izq.). Vista cenital del conjunto y con los principales hallazgos de la estructura 4 (dcha.) (Carballo et al. 2021, 6-7).

conjuntos arquitectónicos, junto con los análisis químicos realizados sobre los pisos de estuco denotan un posible uso ritual/ceremonial de este espacio, ya que, junto a estos datos, no hay evidencias claras de espacios residenciales (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021).



Figura 25. Pintura mural bícroma. Fuente: Cortesía Proyecto PATT

El conjunto arquitectónico 4B se sitúa al sur del patio, mostrando una arquitectura elaborada y decorada que la estructura 4A-sub. Posee una fachada con talud-tablero orientada hacia el patio con dos escalones que preceden a un pórtico con fragmentos de pintura mural in situ que da acceso a una habitación también con restos de pintura mural. La pintura mural de este conjunto se documentó caída en el pórtico que conecta las dos estructuras (4Ay 4B). Las tipologías cerámicas aparecidas junto con los análisis de radiocarbono elaborados en los diferentes depósitos de ofrendas excavados sitúan a este conjunto en una temporalidad que va desde la fase Tlamimilolpa tardío y Xolalpan temprano (ca. 250/350- 350/450 d.n.e.). Los fragmentos de pintura mural que se recuperaron tienen una paleta basada en la degradación del color rojo con un programa iconográfico en el que destaca la presentación de aves, así como diseños geométricos (Figura 26) (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021).

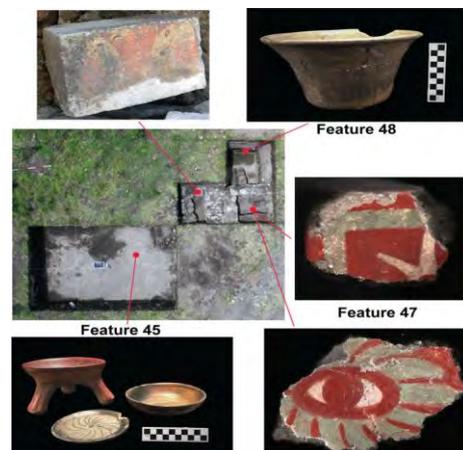
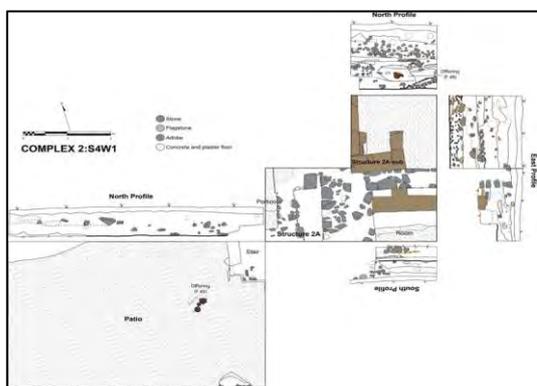


Figura 26. Plano del complejo 2:S4W1 (izq.). Vista cenital del conjunto y con los principales hallazgos de la estructura 2 (dcha.) (Carballo et al. 2021, 6-7).

En cuanto al conjunto 2:S4W 1 se trata de un espacio en el que se ha documentado un patio grande y una estructura (2A) situada al este del patio y que se conforma por unos cimientos con un escalón adyacente al patio y con restos de muros de posibles cuartos (Figura 27). La estratigrafía del conjunto ha revelado varios niveles de ocupación en el sitio, con muros de adobe y apisonados de tierra para las etapas más tempranas (Estructura 2A-sub) y muros de piedra y suelos estucados (estructura 2A), uno de ellos pintado de rojo. Encima y debajo este piso rojo se localizó este piso pintado se documentó un relleno de murales fragmentados y pintura sobre adobe (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021).

La pintura mural de este espacio de documentó en el interior de una habitación de la estructura 2A y contrasta con la del conjunto 4:S4W1 ya que presenta un programa iconográfico en el que predominan las chalchihuites y ojos emplumados en una paleta pictórica polícroma formada por rojo, blanco y verde (Figura 28). La mayoría de los fragmentos se recuperaron sobre un suelo pintado de estuco rojo. A partir del análisis tipológico de los fragmentos de cerámica recuperados del mismo contexto se asocia este depósito de pintura mural con la fase Tlamimilolpa tardío-Xolalpan Temprano (ca. 250-450 d.n.e.) (Carballo 2017; 2019; Carballo et al. 2019; 2021).



Figura 27. Pintura mural polícroma.
Fuente: Cortesía Proyecto PATT.

Corpus de estudio de la pintura mural de los conjuntos 4:S4W1 y 2:S4W1 de Tlajinga

La pintura mural que forma parte del corpus de estudio de Tlajinga está conformada por un total de 10 fragmentos (Tabla 7) de pequeño tamaño (tamaño menor a 5cm). Los fragmentos de pintura mural estudiados fueron excavados por el equipo del PATT durante la temporada de trabajo de 2019.

Tabla 7. Corpus de estudio de Tlajinga

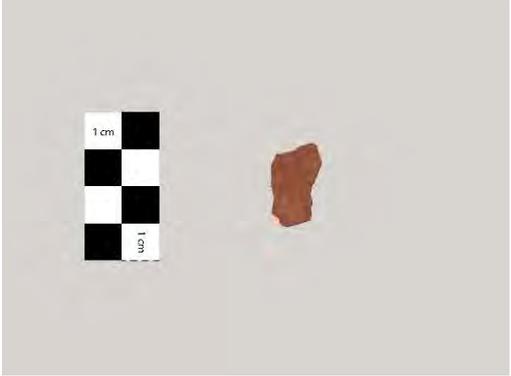
Estructura-Lote-elemento PATT	Estructura	Nomenclatura propia de los fragmentos	Color
4/O20/810	4	PATT-1	Rojo guinda Rosa
	4	PATT-2	Rojo guinda
4/RQ-20,21/756, EL-38	4	PATT-3	Rojo guinda Rosa medio
		PATT-4	Rojo guinda Rosa claro
4/RQ-20,21/756, C1, EL-38	4	PATT-5	Rojo guinda Blanco
2/O14/915, EL-47	2 A	PATT-6	Verde Rojo anaranjado
	2 A	PATT-7	Rojo anaranjado Verde
	2 A	PATT-8	Rojo anaranjado
4/RQ-20,21/756, EL38	4	PATT-9	Rosa claro
	4	PATT-10	Tres tonos de rojo

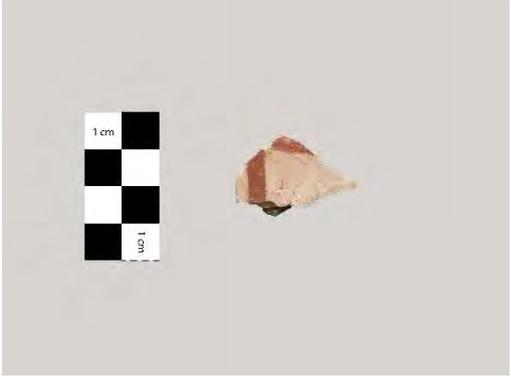
Como se ha descrito líneas arriba los dos conjuntos de fragmentos de pintura mural que se documentaron las estructuras 4 y 2 de Tlajinga muestran diferencias notables en cuanto a paleta pictórica e iconografía. La estructura 4 posee una pintura mural elaborada a partir de la degradación tonal del rojo, reflejando la maestría técnica de los teotihuacanos a la hora de “jugar” con las variaciones tonales de este color. Por otro lado, la estructura 2 posee una paleta totalmente diferente donde se combina un matiz de rojo con tendencia hacia el matiz anaranjado con el rosa y el verde. Es notoria la falta de otros colores como puede ser el amarillo, ampliamente utilizado en la pintura

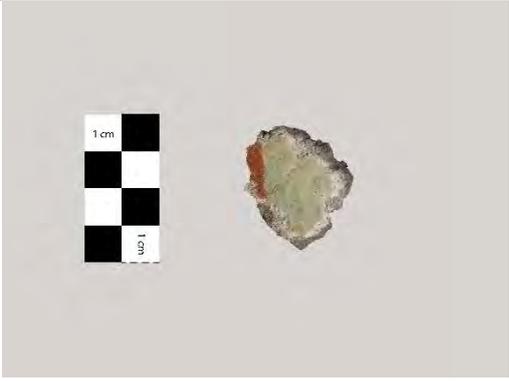
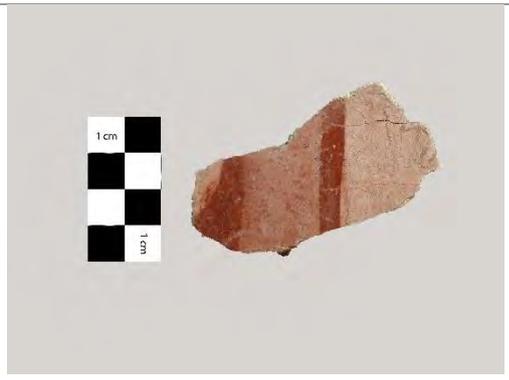
mural teotihuacana de las fases Tlamimilolpa-Xolalpan. Esta ausencia se puede deber a múltiples motivos, sin embargo, no deja de ser curiosa la ausencia de este color dada su amplia presencia en otros contextos. La descripción precisa de la gama cromática y sus diferencias se realiza en el siguiente capítulo.

Dada la amplia cantidad de pequeños fragmentos de pintura mural recuperados durante los trabajos de excavación se seleccionaron para la presente investigación fragmentos menos a 5cm que no tuvieran una iconografía compleja. De esta manera, se seleccionaron 10 fragmentos que representan a la totalidad de la paleta pictórica de Tlajinga y que se detallan a continuación con su correspondiente fotografía (Tabla 8).

Tabla 8. Fragmentos de pintura mural de Tlajinga bajo estudio.

Nº Frag.	Estructura	Color	Fotografía
PATT-1	4	Rojo guinda Rosa	
PATT-2	4	Rojo guinda	

PATT-3	4	Rojo guinda Rosa claro	
PATT-4		Rojo guinda Rosa medio	
PATT-5	4	Rojo guinda Blanco	
PATT-6	2 A	Verde Rojo anaranjado	

PATT-7	2A	Rojo anaranjado Verde	
PATT-8	2A	Rojo anaranjado	
PATT-9	4	Rosa claro	
PATT-10	4	Rojo guinda, rosa claro, rosa medio	

Con todo, la paleta pictórica que se va a estudiar en la presente tesis de investigación, así como los contextos asociados y la temporalidad se pueden consultar en la tabla 9.

Ahora, una vez expuesto y tratado la información sobre los materiales arqueológicos bajo estudio, los contextos arqueológicos de origen y de Teotihuacan, es el momento de abordar la tecnología pigmentaria de la rica paleta pictórica exhibida en los conjuntos anteriormente descritos.

Tabla 9. Paleta pictórica bajo investigación, contextos, soportes y temporalidades asociada.

	Soporte	Temporalidad	Rojo	Rosa	Amarillo	Naranja	Verde	Azul	Negro
Amanalco. Techinantitla y Tlacuilapaxco	Enlucido	Xolalpan tardío (ca. 450-550 d.n.E.)	X	X	X	-	X	X	X
Conjunto Plaza de los Jaguares	Enlucido Adobe Roca	Tlamimilolpa tardío (250- 350 d.n.E.)	X	X	X	X	X	X	X
Tlajinga	Enlucido	Tlamimilolpa tardío- Xolalpan Temprano (ca. 250-450 d.n.E.)	X	X	-	X	X	-	-

Capítulo 4. “De los colores, de todas las maneras de colores”¹³: resultados de los análisis fisicoquímicos

“Loada sea la paleta por las delicias que nos brinda [...];
es en sí misma una ‘obra de arte (...)”

Wassily Kandinsky, 1913(Ball 2003)¹⁴.

¹³ Título del capítulo 11 del Libro 11 de la *Historia General de las Cosas de la Nueva España*.

¹⁴ Ball, P. (2003). La invención del color. Turner.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos, así como su interpretación en coherencia con el protocolo de análisis implementado. En ambos casos se expondrá en coherencia con el protocolo de análisis arqueométrico aplicado. Se relaciona el contexto arqueológico de procedencia y cada uno de los colores detectados, a saber, el rojo y sus variaciones cromáticas, el amarillo, el verde, el azul y el negro

A modo de recordatorio de lo planteado en el capítulo dedicado a la metodología, la investigación de la tecnología de los materiales colorantes en Teotihuacan parte en primer lugar de la observación general realizada mediante las técnicas de imagen y de microscopía digital. A partir de estas técnicas comenzamos a entender la naturaleza de los colores, así como algunos de los recursos técnicos empleados en la aplicación de los diferentes pigmentos. Estas técnicas aportan la información necesaria para planificar los análisis espectroscópicos, así como a seleccionar las áreas de análisis de mayor interés para la investigación.

Un aspecto importante del estudio tecnológico del color es entender la variedad de la paleta pictórica utilizada en cada contexto arqueológico para así poder realizar a posteriori comparaciones entre contextos y observar el desarrollo de la paleta pictórica teotihuacana. Este tipo de información se ha obtenido mediante la espectrocolorimetría, cuyos resultados siguen a los obtenidos mediante las técnicas de imagen y microscopía digital.

Una vez que se ha medido el color, la primera técnica en arrojar información cualitativa sobre la naturaleza química de la paleta pictórica es la espectroscopía de reflectancia por fibra óptica y la fluorescencia de rayos X, que permiten agrupar los colores a partir de sus elementos químicos. Para ahondar en la naturaleza de los pigmentos se ha recurrido a las técnicas de espectroscopía vibracional como el Raman y el Infrarrojo, que permiten identificar los compuestos naturales que conforman cada uno de los colores, así como algunos de sus agregados. Los últimos resultados que se reportan son los de SEM-EDS, los cuales nos permiten observar características de la microestructura de los pigmentos, así como detalles de la superficie pictórica.

Con el objetivo de hacer más ligera la lectura, se presentan los datos a partir de ejemplos representativos de los resultados obtenidos. Los análisis de cada uno de los

fragmentos con cada una de las técnicas analíticas utilizadas y los datos específicos de cada muestra se pueden consultar en los anexos correspondientes. Los anexos se organizan por conjuntos arquitectónicos y se han estructurado a modo de fichas en las que cada muestra analizada va acompañada de las tablas-resumen, los espectros y gráficos obtenidos de cada técnica analítica utilizada (Anexos, pp. 305-568)

Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco

Análisis general de los fragmentos de pintura mural mediante la fotografía infrarroja de falso color.

La primera fase analítica del corpus de Amanalco se realizó mediante imagen IRFC (Figura 29) con dos objetivos. Por un lado, prospeccionar los fragmentos para seleccionar las áreas de interés a partir del cambio en el matiz y luminosidad de los colores y su comparación con referencias de laboratorio y, por otro lado, reducir la selección inicial de 66 fragmentos para mejorar la operatividad y viabilidad del estudio para las siguientes fases del protocolo de análisis.

Los resultados obtenidos mediante esta técnica evidencian el uso de una paleta típicamente teotihuacana con el uso de un único tipo de pigmento para la gama de colores rojo, verde y amarillo. La variación en la imagen de FC en el matiz y luminosidad en los rojos hacia el amarillo, en el amarillo hacia uno más claro y del verde hacia el azul, asocia estos pigmentos a materias primas asociadas a los óxidos de hierro, para la gama roja y amarilla, y pigmentos de cobre para la gama verde (Aceto et al. 2014; Aguilar Téllez et al. 2014; Casanova González et al. 2020; José Luis Ruvalcaba Sil et al. 2021).

Las diferencias más notables entre pigmentos se observan en la gama del azul y del negro, aunque éste último está poco representado en este conjunto. En cuanto a los azules, el fragmento A53 de la Figura 29, presenta las dos variedades de esta gama. Por un lado, un tono oscuro en las imágenes infrarrojas y un matiz hacia el púrpura en la imagen de falso color, cambio que se ha relacionado con la azurita en trabajos especializados (Aceto et al. 2014; Aguilar Téllez et al. 2014; Casanova González et al. 2020; José Luis Ruvalcaba Sil et al. 2021).

La segunda versión de color azul, ejemplificado en el fragmento A26 y también en A53 de la Figura 29, torna hacia un azul muy tenue con cierto matiz rosáceo, variando según la concentración de pigmento en la capa pictórica. Cuando el pigmento está poco concentrado, el varía hacia los matices rosados en algunos casos. Si el pigmento se encuentra en una concentración mayor tiende hacia un azul saturado y oscuro como se observa en el fragmento A37 (Figura 29). Los cambios de matiz y luminosidad observados en este pigmento no corresponden a ninguna de las referencias materiales consultadas en laboratorio o en la literatura revisada.

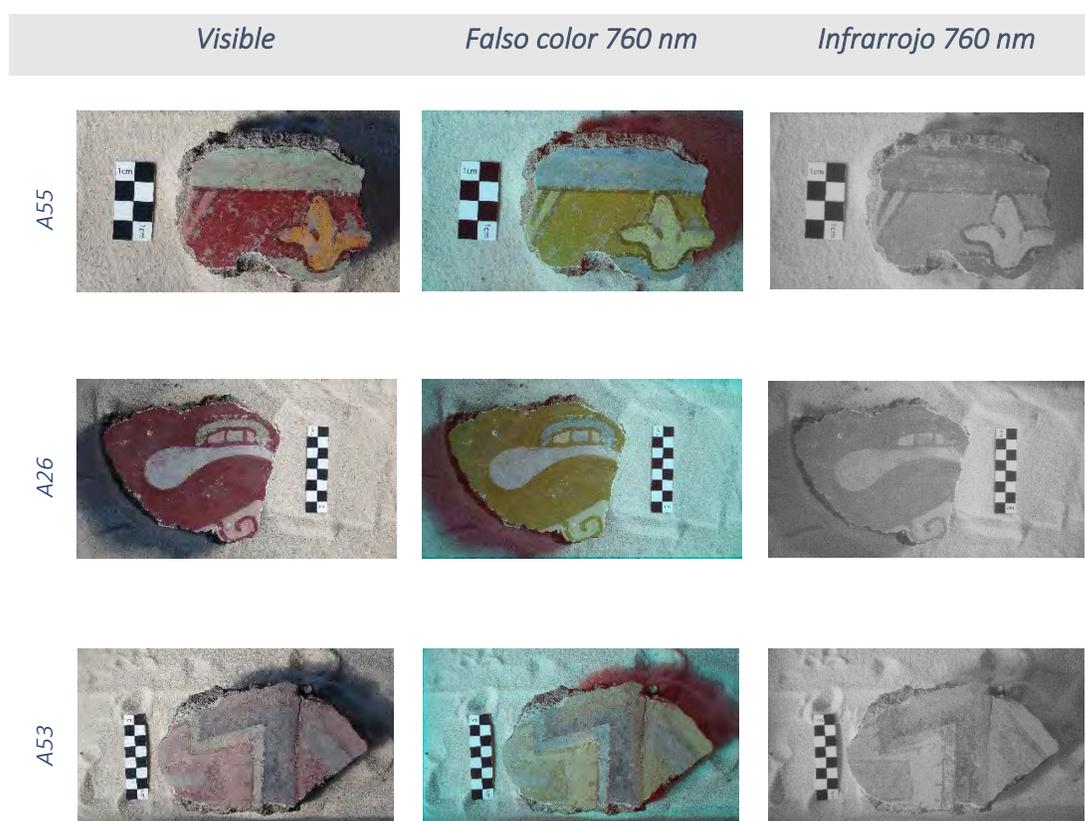


Figura 28. Conjunto de imágenes que ejemplifican los resultados de la técnica imagen IRFC. Fotografías y procesamiento llevado a cabo por Isaac Rangel Chávez.

Junto a estos primeros datos acerca de la naturaleza de la paleta pictórica de Amanalco, el estudio realizado con esta IRFC y la información del contexto de excavación específico, se realizó la selección de los fragmentos de pintura mural que mayor interés presentaban para la investigación. De los 66 fragmentos de pintura mural iniciales fueron

seleccionados 33, los cuales fueron analizados en las siguientes fases del protocolo de análisis planteado.

El rojo y sus variaciones cromáticas

El grupo del color rojo, con sus degradaciones tonales y variaciones de matiz, es el color con mayor presencia en este conjunto. El rojo se usa en todos los fragmentos revisados para delinear los motivos representados y rellenar los fondos de la pintura mural y, al igual que ocurre en otros contextos estudiados y en el resto de Teotihuacan, se obtienen a partir de la mezcla de materias primas y de superposiciones pictóricas. Como se verá en las siguientes páginas, se observan distintos matices que van desde los rojos de matiz magenta (a*22.79,

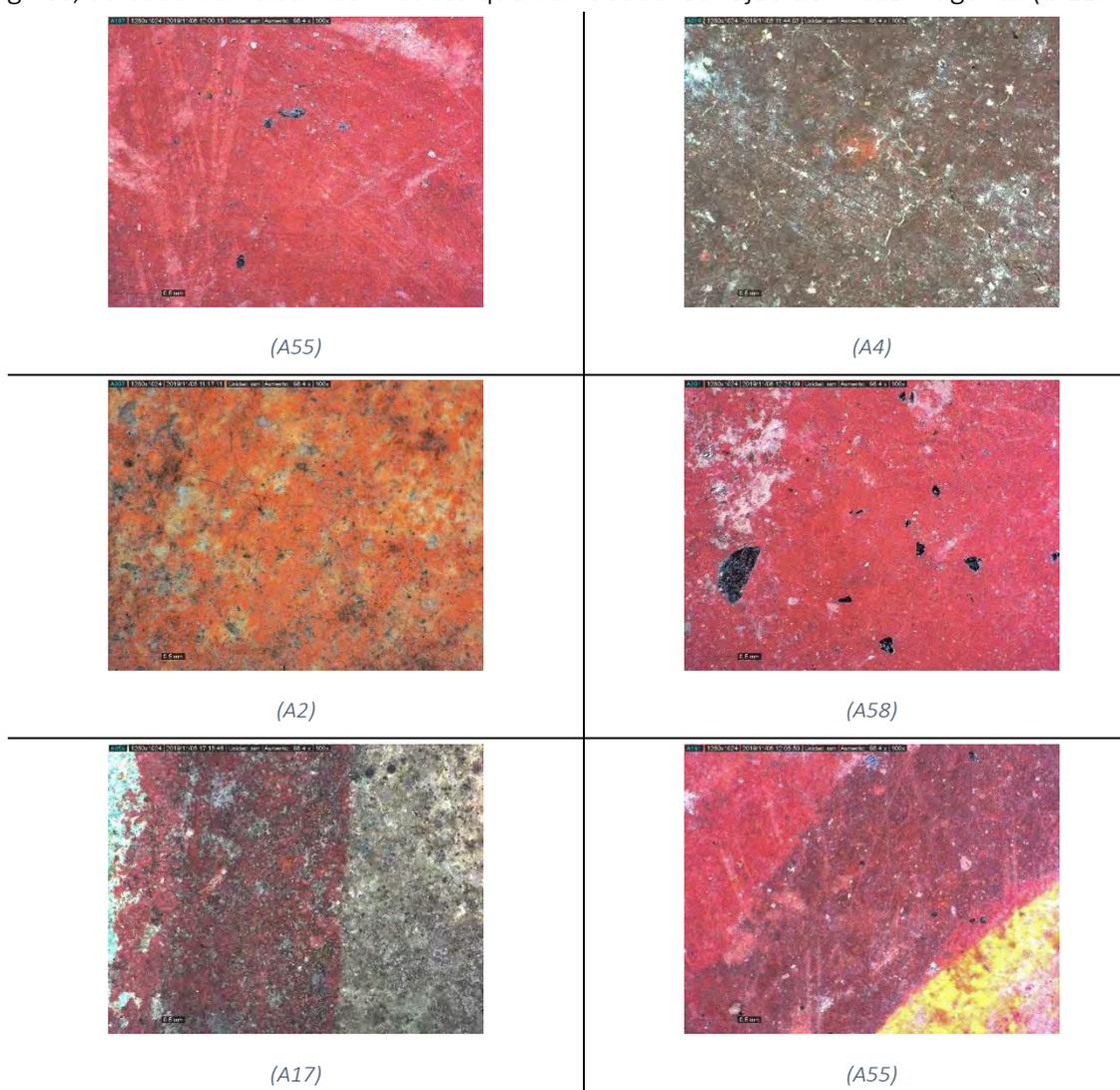


Figura 29. Ejemplos de pigmento rojo bajo microscopía digital con luz difusa (100X).

b*14.649) (A55 en Figura 30) y violáceos (a*15.53, b* 11.77) (A4 en Figura 30) hasta los rojos anaranjados (a* 14.60, b* 17.24) (A2 en Figura 30) logrando, junto a las variaciones en la saturación de los colores y de la luminosidad, una gran riqueza de degradaciones y variaciones a partir de este color.

Las observaciones llevadas a cabo con la microscopía digital han revelado un pigmento homogéneo elaborado a partir de una matriz roja de grano fino, bien compactada, que contiene cúmulos de partículas rojo oscuro, naranjas y amarillas, algo común en la manufactura de los pigmentos rojos teotihuacanos. Esta matriz roja amalgama agregados que generan propiedades físicas concretas a los pigmentos como otorgar una textura específica, por citar alguna. En este sentido, se han observado de manera regular que los pigmentos rojos poseen como agregados partículas cristalinas translúcidas, tanto incoloras como de matices pardo-amarillentos, de tamaño y morfología variable que aparecen de forma regular en todos los ejemplos examinados.

Una de las características que definen a los rojos en todos los conjuntos analizados, es la presencia de otro agregado, como son las partículas negras laminares, de morfologías trapezoidales, angulosas con lustre metálico y un característico brillo e iridiscencia. Como se puede observar en las imágenes de la Figura 30 (A55 y A58), los tamaños son variables, desde fragmentos muy pequeños hasta otros de un tamaño muy superior a cualquier otro componente del pigmento. Debido a la variabilidad de tamaño y a que estas partículas aparecen sobre todo cuando el pigmento rojo se utiliza como fondo de la composición pictórica. Considero a estas partículas laminares negras como un agregado del pigmento, buscando generar fondos pictóricos que, al ser iluminados por los fuegos de la ciudad, generaran un espectáculo de brillos e iridiscencias.

Este tipo de partículas se observan también en una de las variaciones obtenidas a partir del rojo, el pigmento rosa, pero en una cantidad muy inferior a la vista en los pigmentos rojos. En el rosa, las estas partículas se distribuyen de manera dispersa en algunos de los fragmentos de pintura mural. Este pigmento rosa se presenta en los conjuntos de Techinantla y Tlacuilapaxco con dos variaciones tonales, un pigmento rosa claro (L*56-75) de saturación débil (C*7-25), más inusual, y en una variedad más saturada y oscura (L* 35-56;

C* 25-45) que hemos denominado rosa intermedio siguiendo la nomenclatura de D. Magaloni (1996) (Figura 31).

El pigmento rosa comparte con el rojo la finura de grano de su matriz. Sin embargo, este pigmento carece de los cúmulos de material rojo, amarillo o naranja que se observan en el pigmento rojo, lo que nos habla de una selección de materiales más exhaustiva respecto al pigmento rojo en la que se descartan materias primas de otros matices de la gama cálida de colores que puedan variar el matiz rosa final deseado.

En las observaciones realizadas no se aprecian partículas rojas o blancas que nos hablen sobre los materiales usados para obtener este matiz. Esta uniformidad en el color de la matriz del pigmento rosa nos está dando información sobre el proceso de manufactura del propio pigmento, pudiendo inferir un proceso exhaustivo de molienda y mezclado de las diferentes materias hasta obtener la homogeneidad observada.

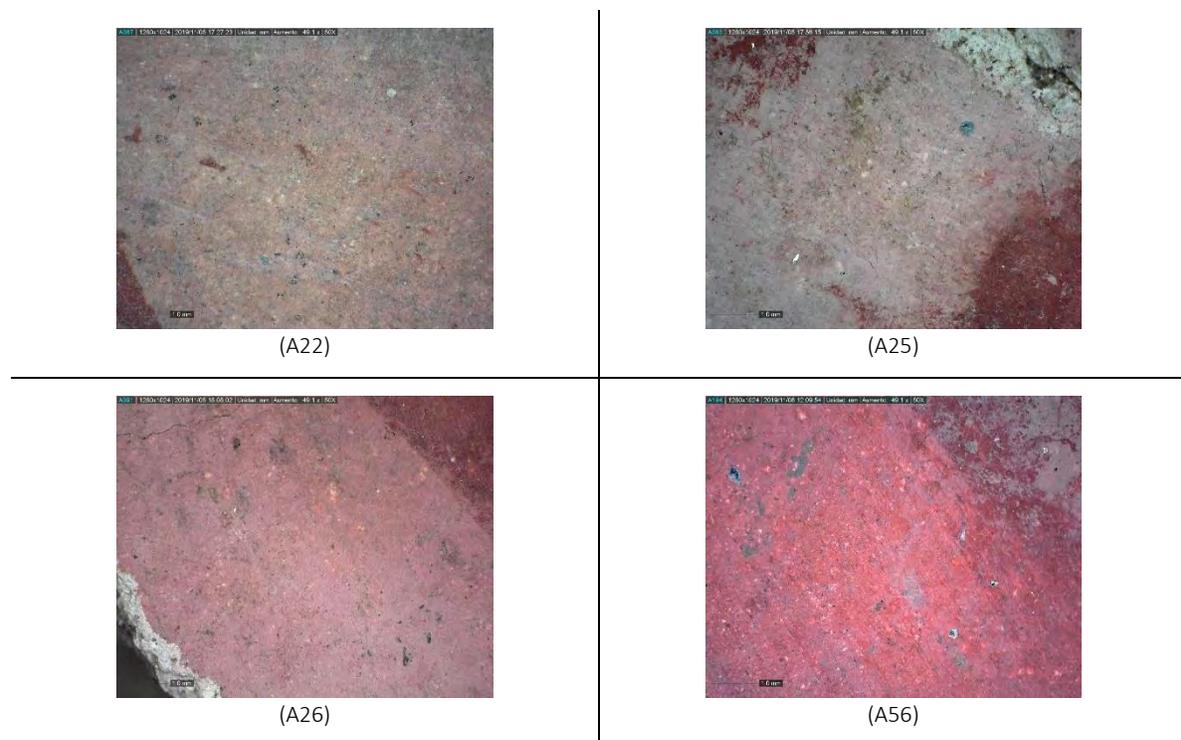


Figura 30. Ejemplos de pigmento rosa bajo microscopía digital con luz difusa (100X).

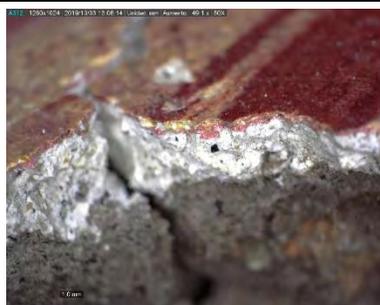
El pigmento rosa destaca por la ausencia de los agregados observados para el pigmento rojo, tanto las partículas laminares negras anteriormente señaladas como los agregados cristalinos. Sin embargo, este pigmento posee, a diferencia del pigmento rojo, agregados negros, opacos, de pequeño tamaño y distribuidos de manera homogénea por

toda la matriz. Las formas de estas partículas son variables, desde elongadas, a trapezoidales y se encuentran bien integradas a la matriz del pigmento a diferencia de las partículas laminares negras cuya distribución, tanto en el rojo como en el rosa, es más superficial, para lograr el efecto lumínico deseado. La incorporación de estos agregados negros respondería a la voluntad por parte del artesano de dotar al pigmento de una tonalidad específica, pudiendo aclarar u oscurecer el producto final.

En Amanalco, este pigmento se utiliza de una manera particular. Este pigmento es utilizado en los muros de Techinantitla y Tlacuilapaxco como una primera capa pictórica sobre la que aplicar el resto de los diseños y pigmentos, siendo común observar en los fragmentos estudiados pigmentos verdes, azules, rojos o amarillos sobre una capa previa de pigmento rosa (Figura 32), una técnica que no se ha observado en el Conjunto Plaza de los Jaguares, pero si es recurrente en el conjunto de Tlajinga como se verá en la sección correspondiente. Esta técnica de aplicación de capas previas de pigmento rosa claro podría responder a dos cuestiones que no se excluyen entre sí, bien a elaborar un primer fondo rosa sobre el que luego ir pintando el resto de los motivos y elementos de mural, bien para



(A65)



(A10)



(A9)

Figura 31. Superposiciones pictóricas sobre capas de pigmento rosa en los fragmentos de pintura mural de Techinantitla y Tlacuilapaxco.

obtener algún matiz concreto, sobre todo en aquellos fragmentos de mural donde el pigmento se observa mucho menos denso y concentrado.

Por su parte, el matiz rojo anaranjado solo ha sido documentado en un fragmento entre los más de 2000 fragmentos revisados de pintura mural en un único fragmento (Figura 33, A2). Este fragmento fue recuperado durante los recorridos de superficie del equipo de Millon en los años 80, a diferencia del Conjunto Plaza de los Jaguares y Tlajinga donde hay

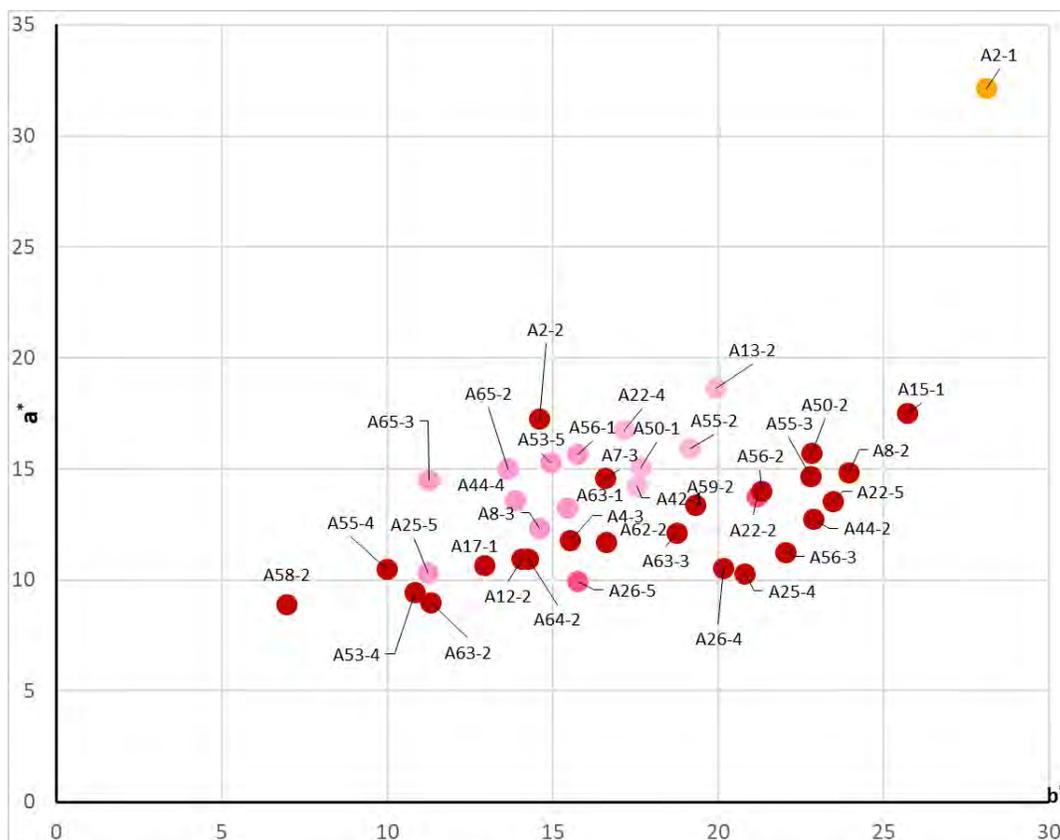


Figura 32. Diagrama cromático CIE a*b* de los rojos del conjunto Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco.

más y proviene de contextos de excavación. Esta ausencia de los matices anaranjados en el conjunto de Amanalco es significativa si tenemos en cuenta la extensión y volumen de las excavaciones arqueológicas y la cantidad de fragmentos de pintura mural recuperados en cada uno de los contextos. Volveremos a esta cuestión en el capítulo de discusión y conclusiones.

Este pigmento rojo anaranjado posee un tamaño de grano inferior al visto para el rojo o el rosa y comparte con este último los agregados negros opacos, aunque en una cantidad inferior a la observada en las dos versiones del pigmento rosa. Sin embargo, la escasa

presencia de este pigmento en el corpus de materiales revisados impide saber si esta una característica propia de esta formulación o si por el contrato se trata de un hecho puntual.

Los análisis colorimétricos de la gama cromática roja permiten observar que, tanto rojos y rosas, comparten la característica de ser colores poco saturados, ya que no sobrepasan el valor 35 de a^* , algo que también se observa en los pigmentos de la gama roja en el Conjunto Patio de los Jaguares (Anexo, p. 310). Dentro del cúmulo formado por las muestras rojas y rosas se observa una variación de 25 unidades en el eje a^* , lo que nos permite observar las diferencias de saturación entre los fragmentos de mural, así como una mayor agrupación de las muestras de pigmento rosa que las de rojo, algo que podría deberse al diferente estado de conservación de los pigmentos, aunque no se descarta una intencionalidad en algunos.

Dentro del diagrama cromático de los rojos destaca la muestra A2-1, rojo anaranjado, la cual posee una posición destacada en el diagrama con una mayor aportación del amarillo representado por el eje b^* y marca una notoria diferencia con el resto de las muestras del grupo (Anexo, p. 310). Los valores de luminosidad (L^*) de la gama de los rojos permite clasificar a estos pigmentos como claros y medios con unos valores de saturación (C^*) medio y débil¹⁵ (Tabla 10).

Tabla 10, Valores L^* C^* de los pigmentos rojos de Amanalco.

Color	Luminosidad (L^*)	Saturación (C^*)
Rojo teotihuacano	35-56	Débil: 7-25
Rosa medio	35-56	Medio: 25-45 7-25
Rosa claro	56-75	7-25
Rojo anaranjado	56-75	25-45

¹⁵ Los valores de cada una de las muestras analizadas dentro del espacio CIE $L^*C^*h^*$, tanto de la gama de rojos como del resto de colores y contextos, se pueden consultar en el Anexo correspondiente a los resultados colorimétrico.

Los espectros de reflectancia acentúan las similitudes y diferencias de los pigmentos de la gama rojiza. Si bien los espectros de rosa y rojo (Figura 35) presentan la característica forma sigmoidea asociada a los pigmentos de óxido de hierro, el espectro de la muestra rojo anaranjado (A2) presenta unas características ligeramente diferentes al resto de espectros, como es la presencia de una banda de absorción entre 710 y 750 nm y la ausencia de la característica banda de absorción entre 450-490 nm (Figura 35) (Aceto et al. 2014; Bacci, Picollo, y Pretzel 2008).

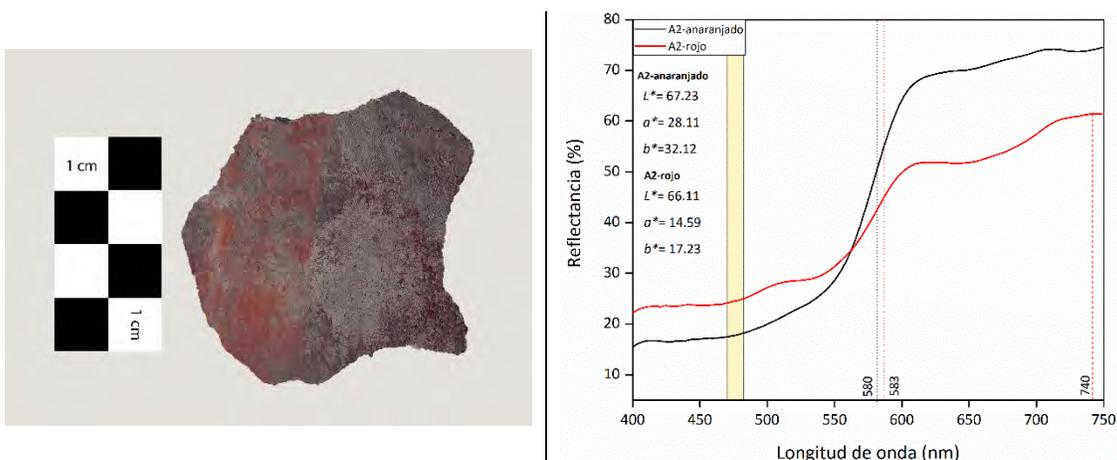


Figura 33. Espectros de reflectancia de pigmento rojo y rojo anaranjado (A2).

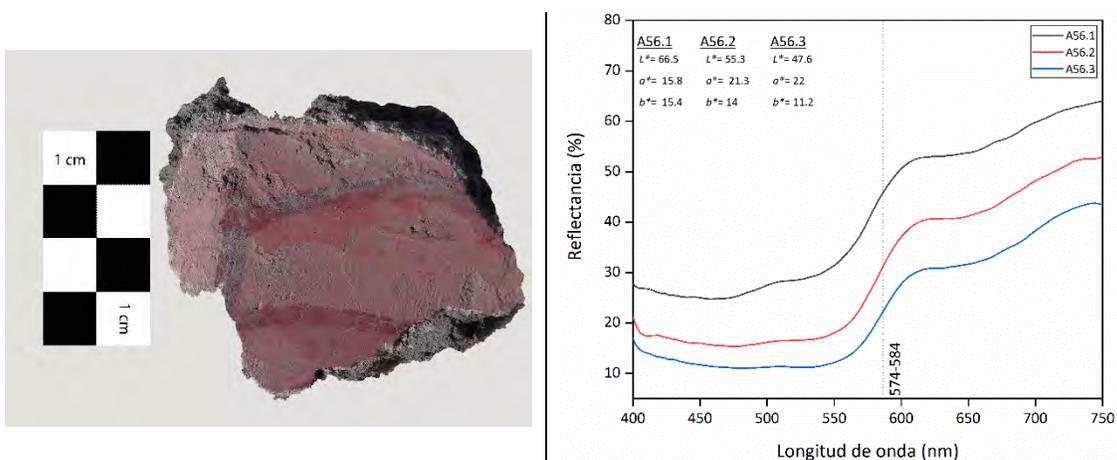


Figura 34. Espectro de reflectancia del pigmento rosa (A56).

Los espectros de reflectancia en la Figura 35 muestran una fuerte pendiente en longitudes de onda entre 550 y 600 nm, con un punto de inflexión máximo en 580 nm para

el pigmento rojo, 583 nm para el pigmento rojo anaranjado y entre 574 y 584 nm para los rosas, asociados todos ellos a los pigmentos con base en óxidos de hierro, concretamente hematita (Fe_2O_3). Junto a estos indicadores, es posible observar también un máximo de reflexión en los pigmentos de óxido de hierro en torno a 740 nm y una banda de absorción en la región azul-verde del espectro electromagnético visible en torno a 490 nm, tal y como se observa en la Figura 34 (banda amarilla) (Aceto et al. 2014; Bacci, Picollo, y Pretzel 2008; Casanova González et al. 2020).

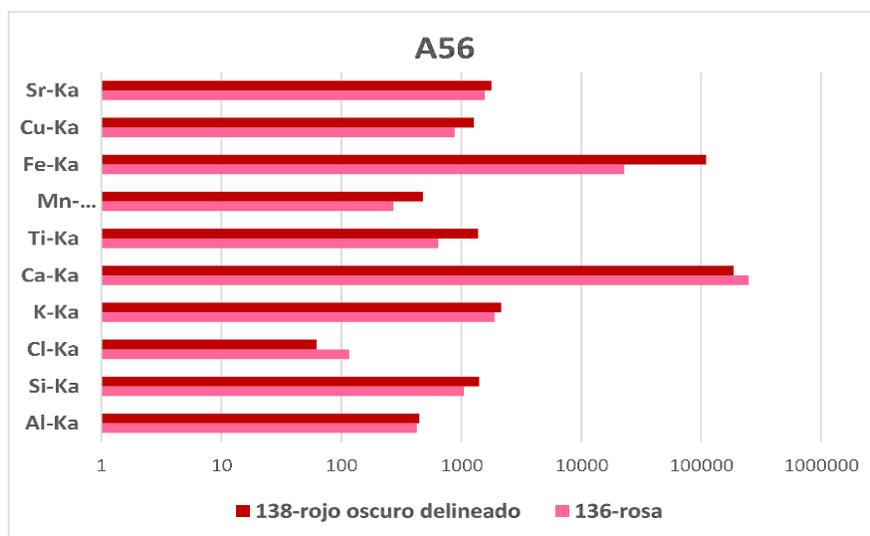
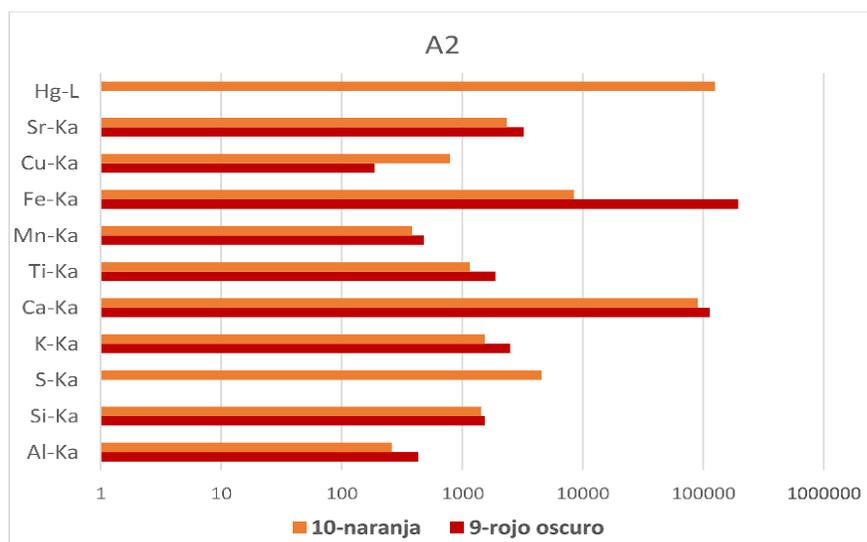


Figura 35. Resultados elementales de la gama roja de Amanalco. Fragmentos A2 y A56.

Los pigmentos de la gama roja del Conjunto de Amanalco están elaborados a partir de materias primas que contienen óxidos de hierro (Fe) principalmente tal y como se desprende de los análisis elementales llevados a cabo con la XRF, donde los elementos con un mayor número de conteos son el Fe, el calcio (Ca), con la presencia de aluminio (Al) y de silicio (Si), siendo el elemento con mayor número de conteos en los rojos el Fe y en los rosas el Ca¹⁶ tal y como ejemplifican las muestras A2 y A56 (Figura 36). Estos datos unidos a los proporcionados por la espectrocolorimetría IR permiten asignar como cromóforo de estos pigmentos a la hematita, a la que se le agregarían compuestos de calcio (probablemente calcita) para obtener el matiz rosado o viceversa, calcita a la que se le agregase hematita o viceversa, calcita a la que se le agregaba cierta cantidad de hematita para lograr el color rosa como se observa en la muestra A56.

Por su parte, el pigmento rojo anaranjado que mostraba una situación totalmente diferenciada en el diagrama cromático muestra en los análisis elementales la presencia tanto de mercurio (Hg) como de azufre (S), además del resto de elementos observados en los pigmentos rojos y rosas. Derivado de lo anterior es plausible afirmar que se trataría de una mezcla de dos materias primas, como son la hematita y el cinabrio, una formulación que también se ha identificado en el Conjunto Patios de los Jaguares como se verá en la sección correspondiente y que refuerza el uso, de forma escasa, pero continua en el espacio y el tiempo, del cinabrio en Teotihuacan para el soporte mural.

Los indicios acerca de las materias primas usadas para elaborar la gama de los rojos se confirman mediante la espectroscopía infrarroja y espectroscopía Raman. Como se observa en el espectro de IR de la Figura 37, que ejemplifica el grueso de resultados de esta gama de color en Techinantitla y Tlacuilapaxco, la gama roja responde a una mezcla de tierras rojas conformadas por la arcilla caolinita con sus bandas características en 461, 906 y 1030 cm^{-1} y por un óxido de hierro como indica la banda situada en 530 cm^{-1} . Así, las tierras naturales conforman la materia principal con la que se elaboraron estos pigmentos, algo que

¹⁶Las intensidades de rayos X están moduladas por tres factores: La concentración elemental, la absorción de rayos X en el material y la eficiencia de detección. En el caso del Fe las intensidades son altas por tener una eficiencia muy alta y una concentración notoria. Para el Ca es muy alta la concentración, pero la eficiencia menor y la absorción de rayos X es mayor que para el Fe. El Al y Si tienen una intensidad menor a pesar de su concentración notoria debido a que presentan una mayor absorción de rayos X y su eficiencia es muy baja.

coincide con otros contextos teotihuacanos como Xalla. A estos compuestos terrosos se les agregaba carbonato de calcio ($861, 1405 \text{ cm}^{-1}$) en mayor o menor cantidad para elaborar tanto el rosa claro como el rosa más oscuro o variar las tonalidades de rojo, algo que se refleja perfectamente en la aparición de las bandas de carbonatos, así como la variación en su intensidad (López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019).

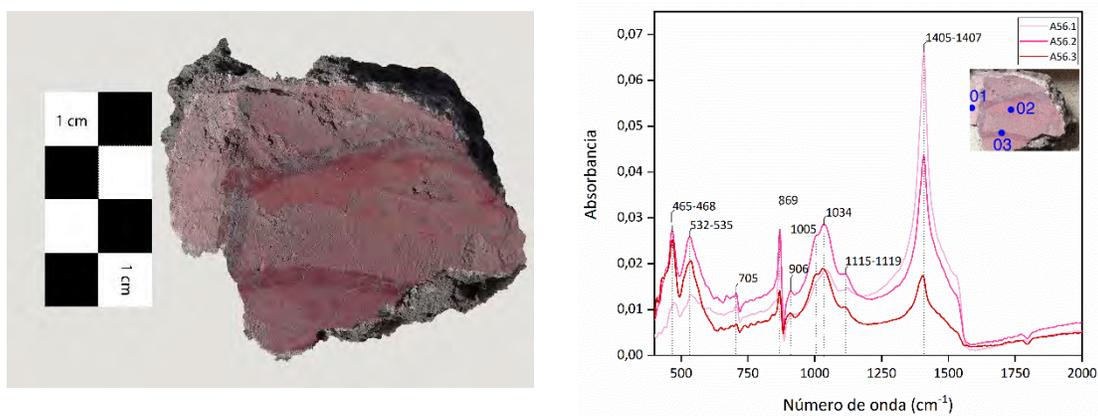


Figura 36. Espectro IR de la muestra A56 en el que se observan las bandas asociadas a los rojos de Techinantitla y Tlacuilapaxco.

La presencia de la hematita y la calcita (CaCO_3) como materiales responsables del color rojo y sus variaciones rosadas se confirma con en los resultados obtenidos con la espectroscopía Raman, donde se observa en un mismo espectro la presencia de estas dos materias primas en la matriz

del pigmento (Figura 38). Se caracterizó hematita a partir de sus bandas características en $224, 290, 410$ y 609 cm^{-1} , mientras que se identificó la mezcla de hematita y calcita, 152 y 1085 cm^{-1} , en para el caso de los rosas. Junto a estos materiales, y de forma muy escasa se tiene constancia del uso de cinabrio en al menos

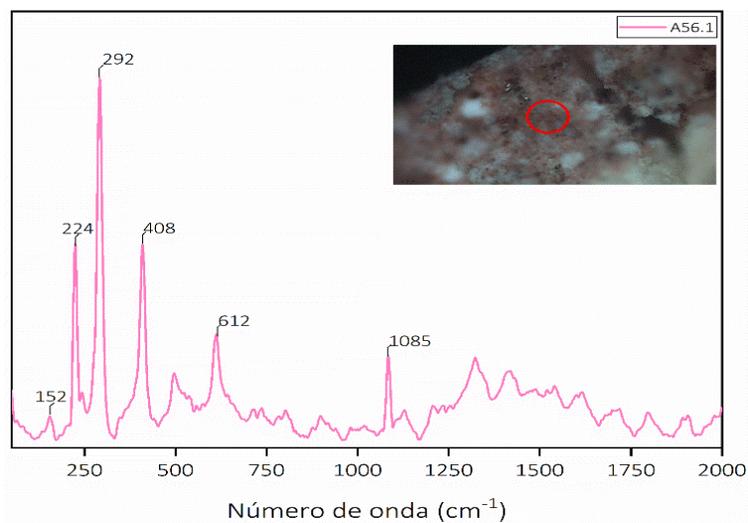


Figura 37. Espectro Raman que de un pigmento rosa de Amanalco. Nótese como el espectro combina las bandas características de la hematita ($224, 292, 408$ y 612 cm^{-1}) y la calcita (152 y 1085 cm^{-1}).

uno de los fragmentos murales de este conjunto arquitectónico como se mencionó en las páginas anteriores.

Amarillo

El pigmento amarillo se encuentra ampliamente representando en el conjunto arquitectónico de Amanalco, con presencia tanto en Techinantitla como en Tlacuilapaxco. El color amarillo aparece en dos formatos, como un pigmento amarillo denso y saturado (Figura 39, A15 y A55) y otra versión de este, pero con una tonalidad más clara (Figura 39, A12 y A26), cuya observación a simple vista recuerda a la técnica de la acuarela por su transparencia, donde los pigmentos son diluidos en agua.

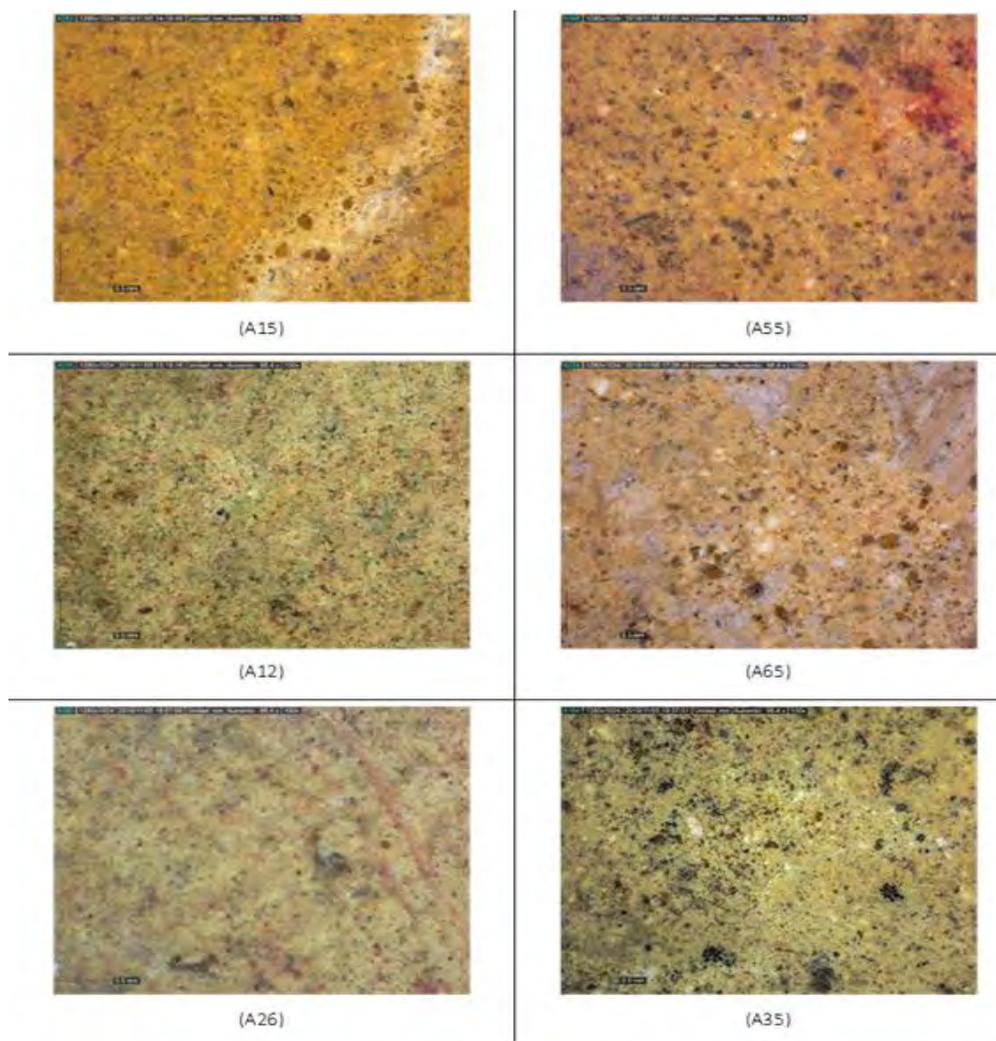


Figura 38. Ejemplos de la variedad en la matriz, el tono y el matiz de los pigmentos amarillos en Techinantitla y Tlacuilapaxco. Luz polarizada, 100X.

La gama de amarillos muestra similitudes una vez revisadas bajo el microscopio con algunas diferencias notables que se detallan a continuación. Todos los pigmentos amarillos revisados están conformados a partir de una matriz amarilla que varía sobre todo en la tonalidad y que amalgama partículas opacas de matiz pardo-amarillento de tamaño muy variable, de una morfología irregular o en ocasiones prismática y con bordes angulosos (Figura 39).

Como se puede ver en las imágenes de la Figura 39 estas partículas están presentes en todos los ejemplos y presentan variedad de matices y tonalidades. Es notorio el contraste de color entre la matriz y estas partículas por lo que surge la cuestión de si serían la materia prima generadora del croma del pigmento. En este punto de la investigación consideramos que este material, mezclado con otras materias primas, podría ser el responsable de generar el color amarillo en esta gama cromática.

La matriz amarillenta de estos pigmentos amalgama también partículas negras opacas de formas elongadas y trapezoidales, de tamaños muy variables, desde tamaños pequeños de unas 30 μm hasta elongadas que alcanzan las 250 μm aproximadamente (Figura 40).

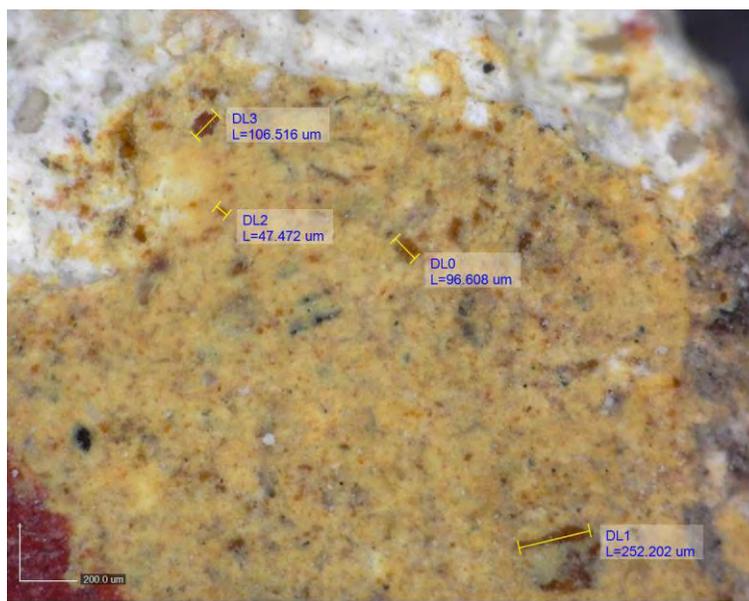


Figura 39. Imagen a 150X. Nótese la presencia de las partículas de color pardo amarillento, así como el resto de los agregados que conforman el pigmento.

La gama de los amarillos destaca por la homogeneidad en componentes a excepción del pigmento amarillo claro de la muestra A12 (Figura 41). Como se puede observar en la imagen esta versión de amarillo posee una composición heterogénea ya que además de los componentes descritos anteriormente la matriz amarillenta amalgama partículas cristalinas verdes de luminosidad y matices variables que van desde el verde turquesa claro al otras partículas de tonalidad más oscura y un matiz verde esmeralda. Estas partículas se encuentran integradas en la matriz y no sobresalen de la superficie pictórica por lo que no descartamos que otros pigmentos amarillos del conjunto de tonalidad clara posean estas partículas. La obtención de micromuestras para elaborar microestratigrafías podría resolver esta hipótesis.

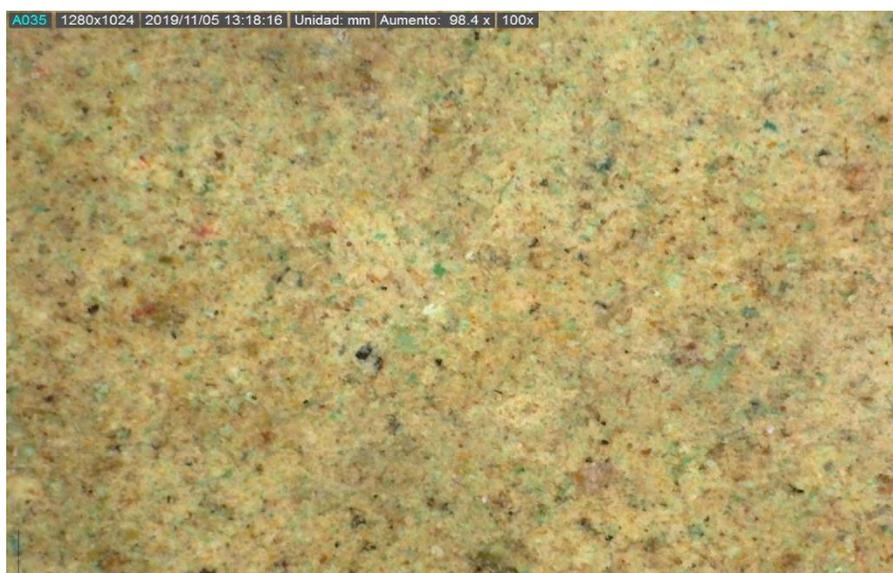


Figura 40. Muestra A12 donde se observan partículas verdes integradas en la matriz amarilla del pigmento.

La inclusión por parte de los antiguos teotihuacanos de estas partículas verdes a la mezcla del pigmento amarillo se refleja en el diagrama cromático CIE $a^* b^*$, en el que la muestra en cuestión (A12) es la que mayor tendencia hacia el color verde posee de todas las analizadas (Figura 42).

Por otro lado, el grueso de las muestras de pigmento amarillo presenta una tendencia general hacia los matices anaranjados, tal y como se refleja en la posición dentro del diagrama cromático (Figura 42). Dentro del espacio cromático CIE $L^* C^* h^*$, donde la C^* corresponde a la saturación y el valor h^* al matiz, los datos obtenidos nos indican que estos

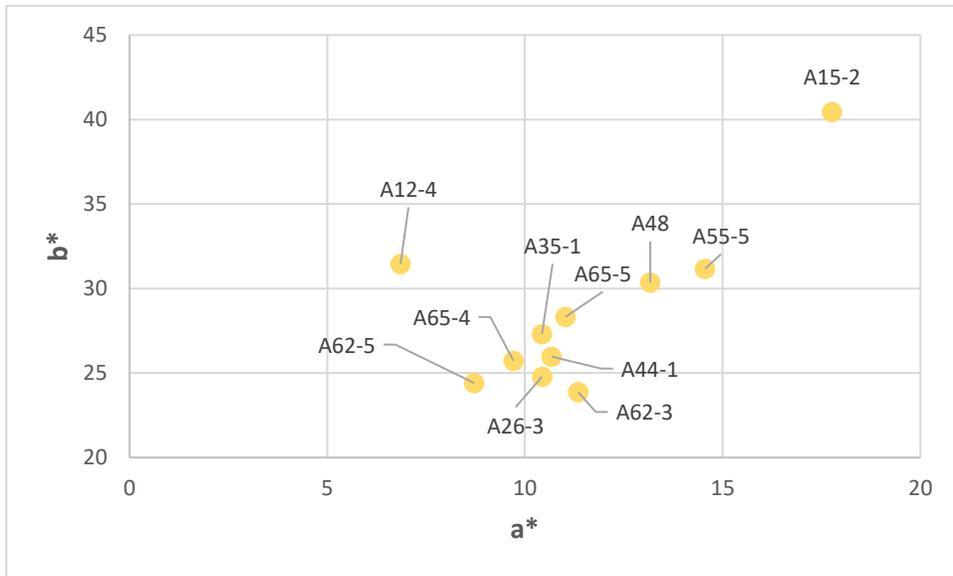


Figura 41. Diagrama cromático CIE a^*b^* de los amarillos del conjunto Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco.

pigmentos corresponden a amarillos claros (L^*) con una saturación media (C^*). El único de los pigmentos amarillos que sale de esta categorización es la muestra A12, definida por estos valores como un amarillo muy claro de saturación media.

En cuanto a los espectros de reflectancia de estos pigmentos todos ellos presentan las características típicas de los amarillos generados a partir óxidos de hierro. En el espectro de reflectancia (Figura 43) podemos observar la forma sigmoidea que caracteriza a estos pigmentos. Es similar a la de los rojos, pero con una diferencia en la pendiente positiva que se da en longitudes de onda más bajas, entre 500 y 580 nm, con un punto de inflexión en torno a 550 nm para la goethita pura y en una horquilla entre 535 y 565 nm para las tierras naturales amarillas.

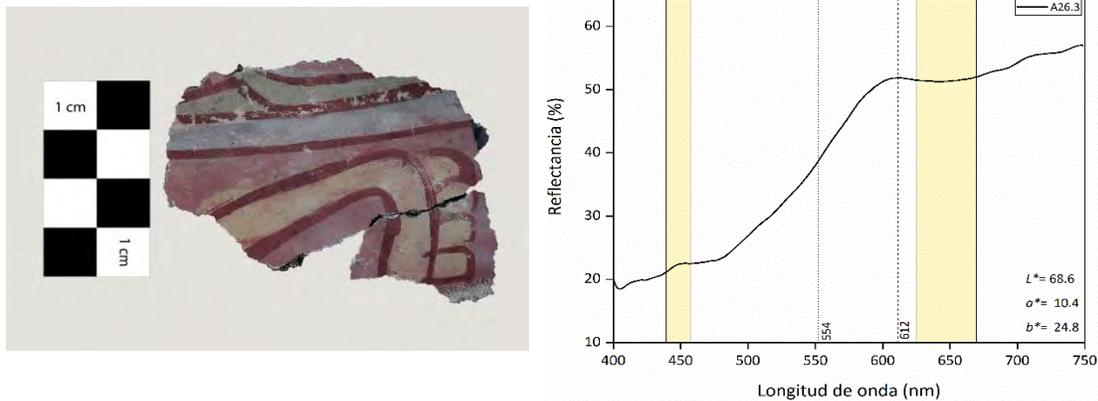


Figura 42. Ejemplo del espectro de reflectancia de los pigmentos amarillos en Techinantitla y Tlacuilapaxco.

Junto a estas características, otros indicadores que nos permiten aproximarnos a la materia prima generadora del croma amarillos son dos bandas de absorción, una en torno entre 400 y 500 nm y otra correspondiente al Fe^{3+} alrededor de 660 nm (Aceto et al. 2014; Casanova González et al. 2020). Todos lo anterior nos lleva a pensar en amarillos elaborados a partir de tierras naturales cuyo cromóforo sea la goethita ($\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$), la materia prima más común a la hora de elaborar pigmentos amarillos en Teotihuacan como han revelado otros trabajos (Guzmán García Lascurain 2019; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019; Magaloni Kerpel 1996a; 1996b; Muiños Barros 2019).

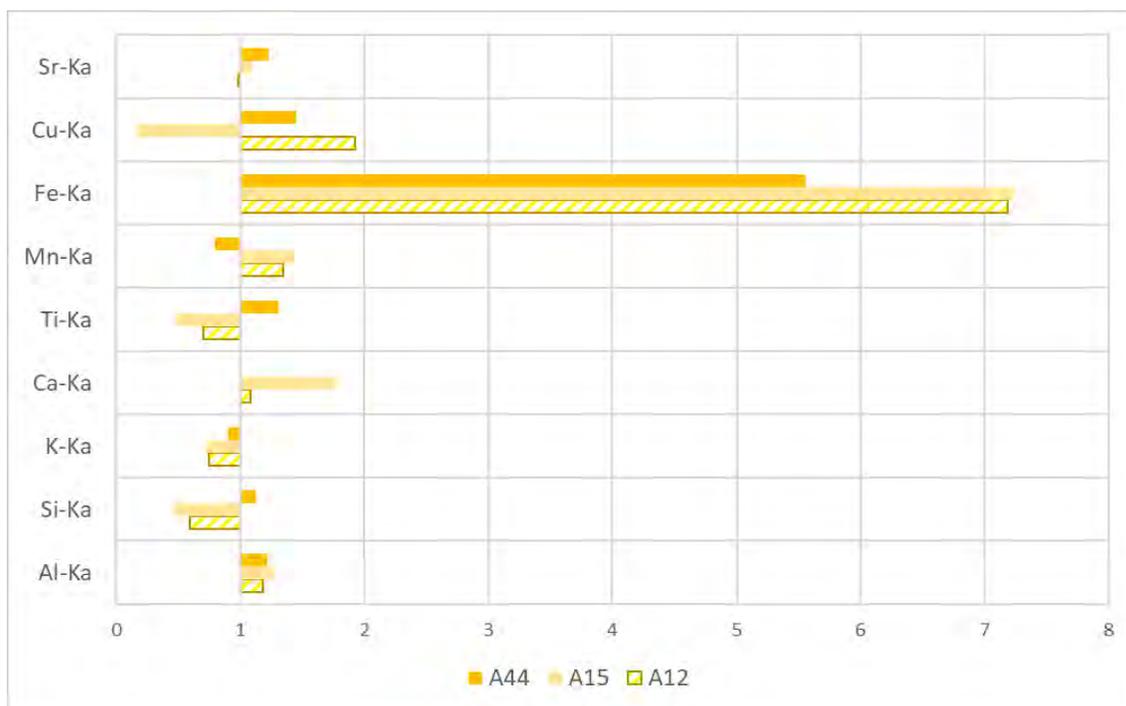


Figura 43. Ejemplo de los resultados del análisis elemental a los pigmentos amarillos de Techinantitla y Tlacuilapaxco.

Los resultados de XRF confirman la elaboración de estos pigmentos amarillos con materias primas ricas en Fe como ejemplifican los análisis de las muestras de la Figura 44. Junto a este elemento, los pigmentos amarillos analizados de este conjunto muestran la presencia de Ca, posiblemente utilizado para generar las distintas tonalidades del pigmento, así como Mn, Al, y Sr. El resto de los resultados se puede consultar en el Anexo de este conjunto (pp.305-418).

El resto de los análisis elementales realizados sobre los pigmentos amarillos han generado resultados homogéneos con la excepción, como ocurre con la

espectrocolorimetría, la muestra A12, cuyos resultados elementales revelan una contribución notoria del Cu, lo que se relaciona con la presencia de materiales de cobre en la formulación este pigmento amarillo de matiz verdoso mientras que en A15 es por la superposición.

La caracterización de las tierras naturales como materia prima de los amarillos se confirma, como ocurre con el rojo, mediante las espectroscopías moleculares. A partir de la espectroscopía infrarroja se ha identificado tantas bandas relacionadas con los óxidos de hierro (467, 556) y con las arcillas de la variedad caolinita (1009, 1034, 1117 cm^{-1}). Junto a estos compuestos, todos los espectros infrarrojos obtenidos han evidenciado el uso de carbonato de calcio (704, 867, 1407 cm^{-1}) en la elaboración de estos pigmentos (Figura 45). La utilización de la goethita como materia prima generadora del color amarillo en los

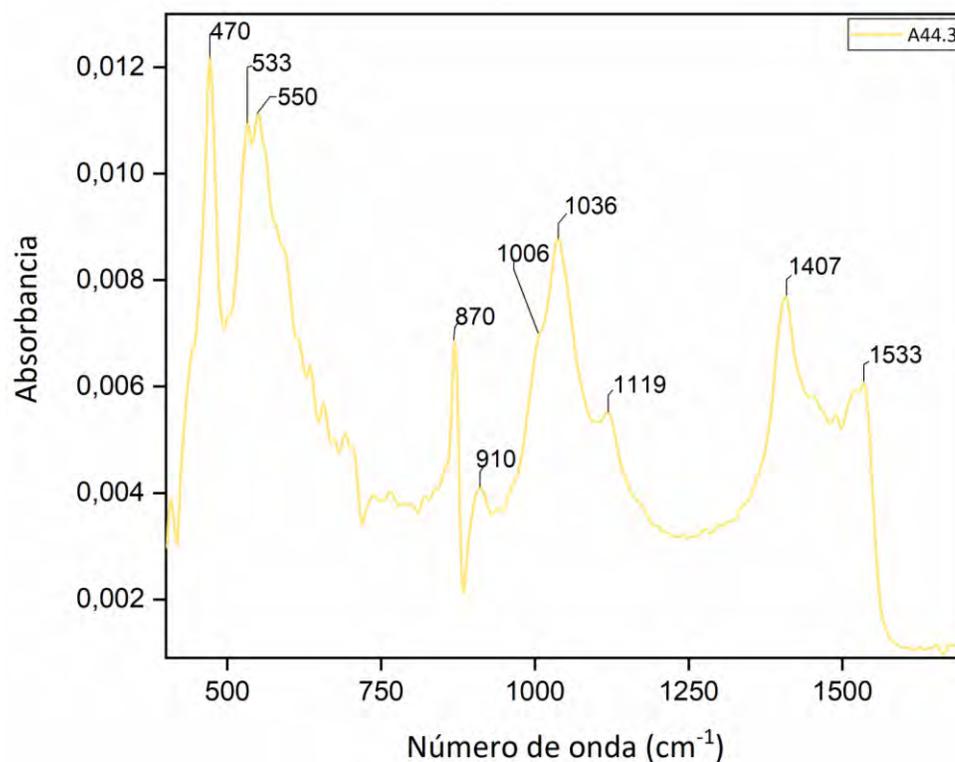


Figura 44. Espectro IR de tierras naturales amarillas con arcilla tipo caolin

pigmentos de Amanalco se confirma con los datos obtenidos con la espectroscopía Raman. Por otro lado, los análisis micropuntuales que permite el equipo microRaman utilizado ha

permitido caracterizar el agregado más utilizado en los pigmentos amarillos de Amanalco como es el carbón (Anexo, p. 338).

Verde

El color verde se aplica en la pintura tanto en el conjunto de Techinantitla como en Tlacuilapaxco en dos formatos diferentes, como también ocurre con el pigmento amarillo. Por un lado, hay una versión densa y cubriente del pigmento y otra donde se percibe un pigmento ligero y poco denso que recuerda a pigmentos utilizados en acuarela A17 y A35 en Figura 46). El color verde posee varias tonalidades desde verdes muy claros ($75 \leq L^* \leq 86$), claros ($56 \leq L^* \leq 75$) y medios ($35 \leq L^* \leq 56$) con una saturación débil en todos los casos ($7 \leq C^* \leq 25$) (Tabla 11).

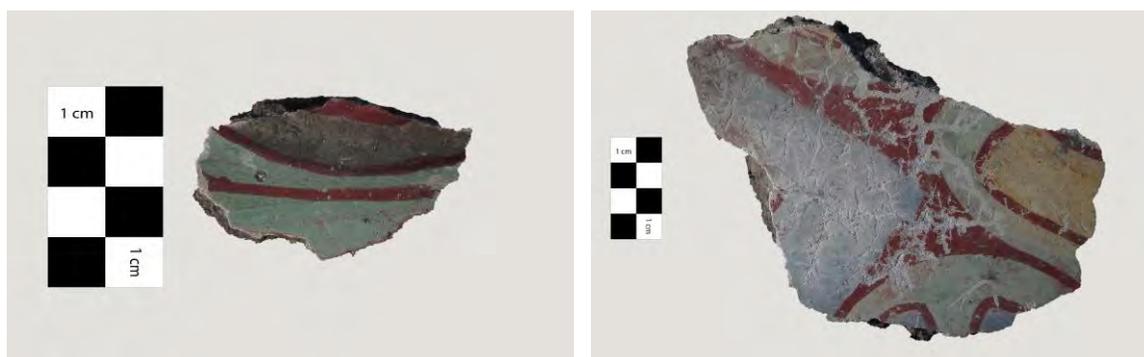


Figura 45. Ejemplo de las dos técnicas de aplicar el pigmento verde en Amanalco, una con pigmentos densos (A17) y otra donde el pigmento está más diluido (A35). Imágenes trabajadas a partir de las fotografías tomadas por Isaac Rangel Chávez

Tabla 11. Valores CIE L^*C^* de los pigmentos verdes de Amanalco.

Color	Luminosidad (L^*)	Saturación (C^*)
Verde muy claro	75-86	7-25
Verde claro	56-75	7-25
Verde medio	35-56	7-25

Las diferencias en las dos versiones del pigmento, el denso y el ligero, se acentúan cuando son observadas bajo la microscopía digital donde observamos que tanto la diferencia

en el matiz en el pigmento denso y el ligero responde a una composición distinta, pudiendo establecer a partir las características físicas del pigmento dos tipos de pigmento verde.

Por un lado, un **Verde Tipo 1** (A49, A52, A53, A55) conformado por una matriz verdosa que amalgama partículas cristalinas verdes de morfologías prismáticas o irregulares y tamaños muy variables, de matiz esmeralda y turquesa, con una baja cantidad de partículas amarillas, la versión con menor presencia en el conjunto (Figura 47).

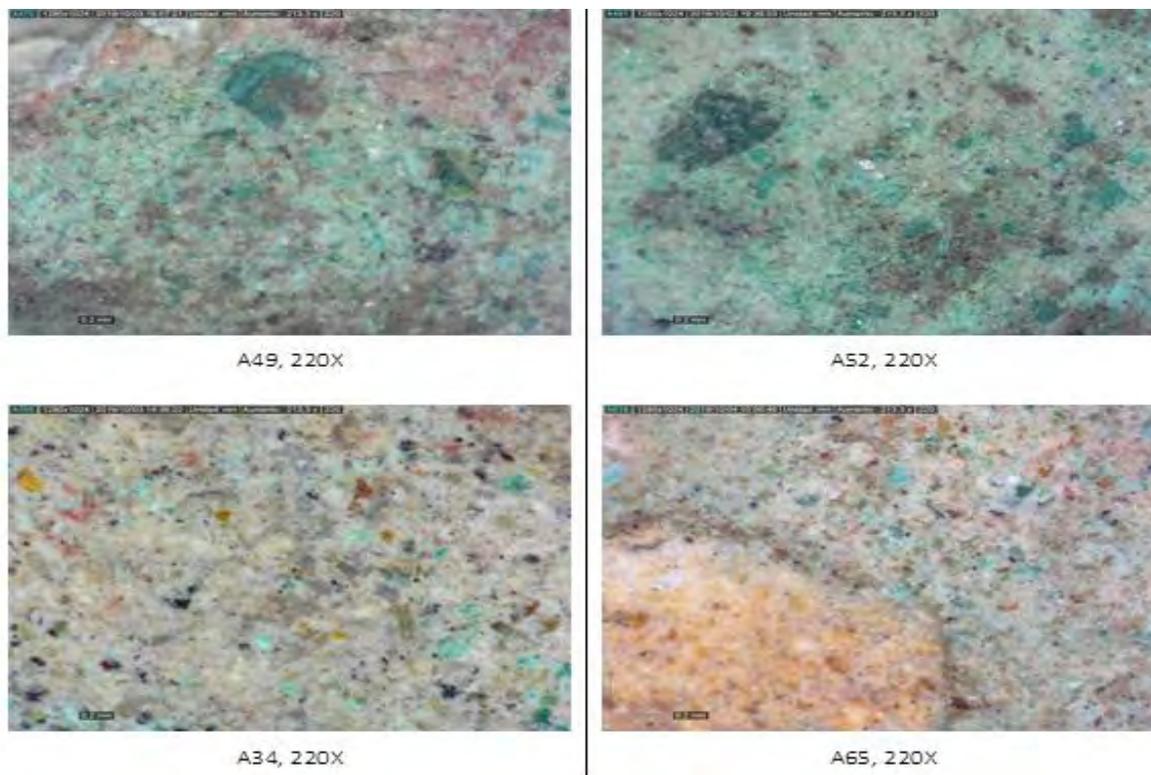


Figura 46. Micrografías a 220X de los dos tipos de pigmento verde de Techinantitla y Tlacuilapaxco. Arriba: Verde, Abajo Verde.

Por otro lado, el **Verde Tipo 2** (Figura 48) (A4, A7, A8, A13, A16, A17, A18, A21, A22, A25, A30-1, A30-2, A34, A35, A62, A65) es el más abundante de los dos tipos. Está compuesto por una matriz blanquecina que amalgama partículas cristalinas verde turquesa y verde esmeralda, en una cantidad notoriamente inferior respecto al Verde Tipo 1, junto con una gran cantidad de partículas pardo-amarillentas similares a las observadas en el pigmento amarillo, así como partículas negras opacas irregulares en tamaño y forma distribuidas por toda la matriz (Figura 48).

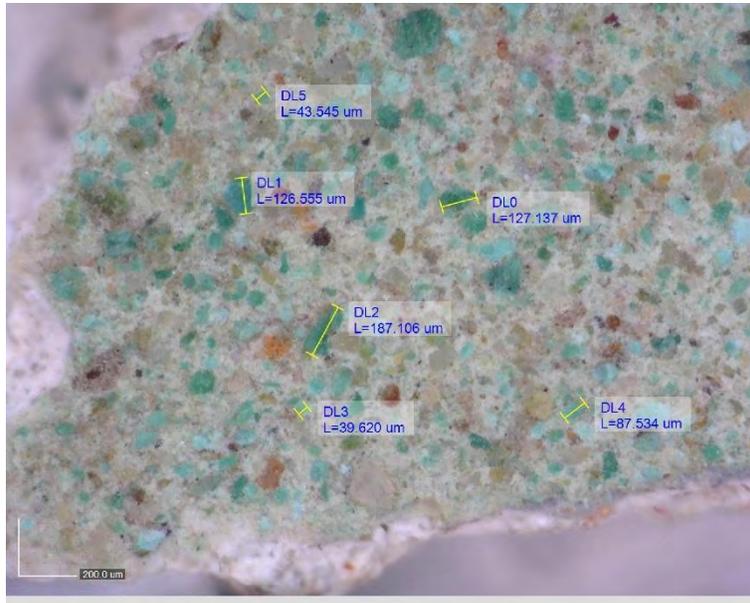


Figura 48. Fotografía con microscopio digital a 200x. Nótese la notoria variedad de tamaños de las partículas verdes.

Esta variedad en la composición y en los materiales que conforman los pigmentos verdes podría hacer pensar en que fueran diferentes materias primas las utilizadas para elaborar estas tres variedades de verde, sin embargo, el resto de los análisis realizados han revelado una notoria homogeneidad en su composición

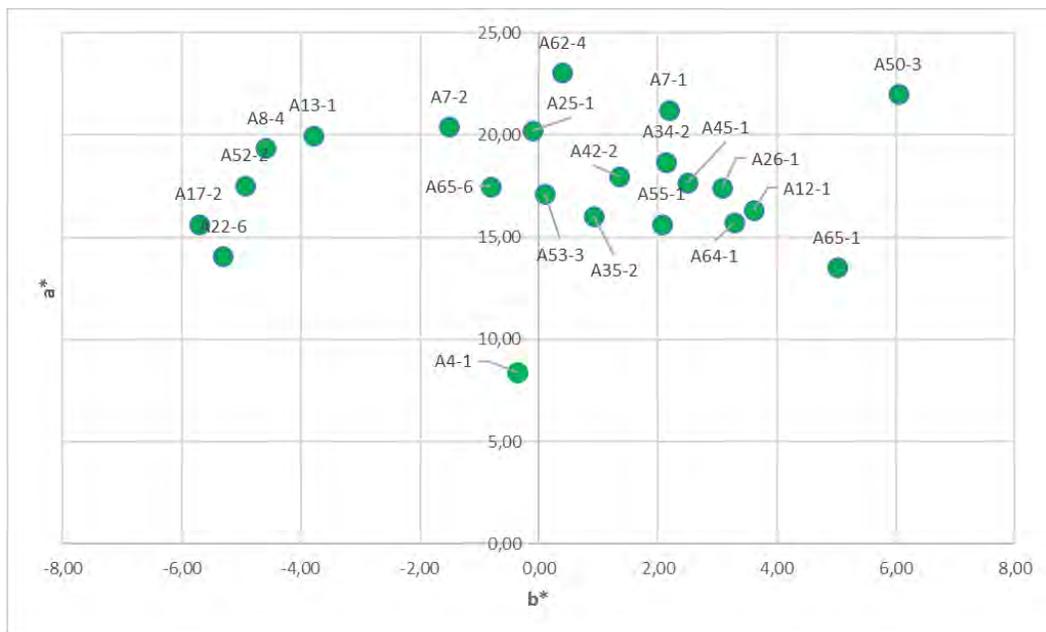


Figura 47. Diagrama cromático a* b* de los pigmentos verdes de Amanalco.

Los resultados de la espectrocolorimetría muestran una clara tendencia de los pigmentos verdes hacia el matiz amarillo como se observa en el diagrama cromático (Figura 49), en el que la gran mayoría de las tomas realizadas sobre pigmentos verdes muestran esta tendencia hacia valores de b^* y a^* positivos. De igual manera, también queda reflejado la baja saturación de los pigmentos verdes con valores muy cercanos a los dos ejes del gráfico lo que nos indica esta característica de los verdes de Techinantitla y Tlacuilapaxco. Son pigmentos muy luminosos, con una alta claridad y con una saturación débil en todos los casos como se señaló anteriormente.

Los espectros de reflectancia obtenidos de este pigmento muestran esta tendencia hacia los matices amarillentos de la gama de pigmentos verdes. Con un máximo de reflectancia que varía entre los 580-590 nm (Anexo, p. 340), longitudes de onda situadas más cerca del amarillo (570-600 nm) que del verde (490-570 nm), cuyo máximo de reflectancia se sitúa en torno a los 550 nm. Esta característica en los verdes también se ha observado en clasificaciones colorimétricas realizadas en otros contextos de la ciudad, como el conjunto Plaza de las Columnas (Guzmán García Lascurain 2019).

El rango del espectro electromagnético medible por el espectrocolorímetro utilizado (400-750 nm) no permite observar otros indicadores específicos para los pigmentos verdes que nos permitirían obtener información sobre la naturaleza de este pigmento ya que se sitúan en el rango del infrarrojo cercano donde se sitúa el máximo de absorción (800 nm) característico de los verdes de cobre (Aceto et al. 2014), los cuales esperaríamos encontrar en los pigmentos de este color en Teotihuacan.

A pesar de la limitación anteriormente citada, la asociación de los pigmentos verdes de Amanalco con el cobre se revela con la XRF. Todas las muestras de pigmento verdes analizadas en Amanalco corresponden a verdes de cobre (Cu) con una presencia constante de arsénico (As) y zinc (Zn) como ejemplifican los datos del fragmento de mural A17 (Figura 50). La presencia de estos dos elementos químicos se relaciona con la presencia de impurezas asociadas a otros minerales como la auricalcita ($(Zn,Cu^{2+})_5(CO_3)_2(OH)_6$) o la conicalcita ($CaCuAsO_4(OH)$), ya caracterizados en otros contextos teotihuacanos como el

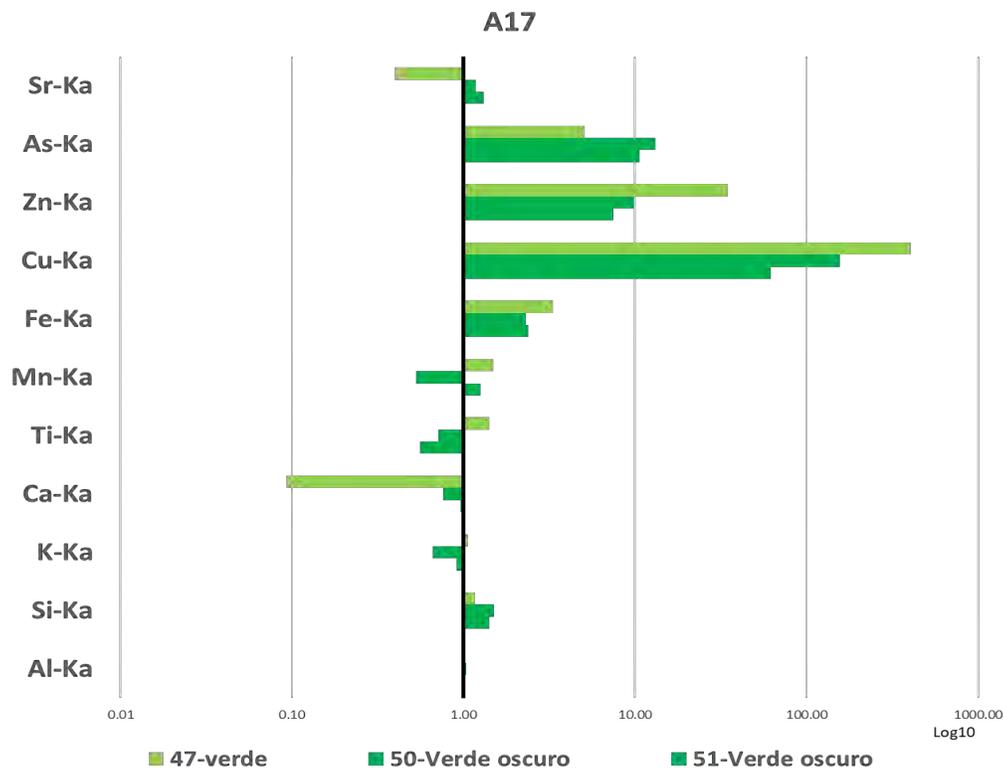


Figura 49. Resultados XRF de los pigmentos verdes del fragmento A17.

conjunto palaciego de Xalla o el Complejo Plaza de las Columnas (Guzmán García Lascurain 2019; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019).

La presencia de estos elementos químicos estaría relacionada con los procesos geogénicos de los compuestos de Cu usados en la manufactura de los pigmentos verdes. La presencia de estos dos elementos químicos resulta de interés ya que su presencia o ausencia en los pigmentos verdes del resto de contextos investigados permitirá establecer hipótesis sobre los posibles yacimientos geológicos de las materias primas, así como observar si todos los contextos se proveían de los mismos yacimientos o no, aportando nuevos datos sobre los procesos de obtención de materias primas en la ciudad. Se retomará esta cuestión en el capítulo de la discusión.

Como se observa en el gráfico (Figura 50), el resto de los elementos químicos que se asocian al pigmento (valores superiores 1) como el Fe, el manganeso (Mn), el Ti o el Si se vinculan con el resto de las materias primas utilizadas para dotarlo del matiz amarillento. Estos materiales corresponden a las partículas de color amarillo, rojo y pardo que componen, junto a los cristales de Cu, la matriz del pigmento en los verdes Verde Tipo 2.

Los espectros IR obtenidos (Anexo, pp. 333) indican la presencia principal de tres compuestos principales en la elaboración de los pigmentos verdes de Amanalco: por un lado y como principal materia prima, la malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), (713, 873, 1410, 1794 cm^{-1}), como material generador del color en el pigmento; por otro lado, caolinita (436 cm^{-1} , 470 cm^{-1} , 906 cm^{-1} , 1005 cm^{-1} , 1042 cm^{-1}) y calcita (713, 873, 1410, 1794 cm^{-1}) para elaborar la matriz del pigmento.

Junto a estas materias primas ya recurrentes, la espectroscopía microRaman de nuevo permite ahondar y profundizar en el conocimiento de la tecnología de estos pigmentos. Gracias a esta técnica, se ha confirmado el uso de malaquita (146, 173, 213, 264, 345, 427, 531, 716, 1083, 1367, 1489, 3311, 3380 cm^{-1}) como materia prima generadora del color verde, así como algunos de los agregados usados para elaborar este pigmento como son el carbón, el cuarzo (SiO_2) (201, 460 cm^{-1}) y la anatasa (TiO_2) (148 cm^{-1}) (Figura 51). La

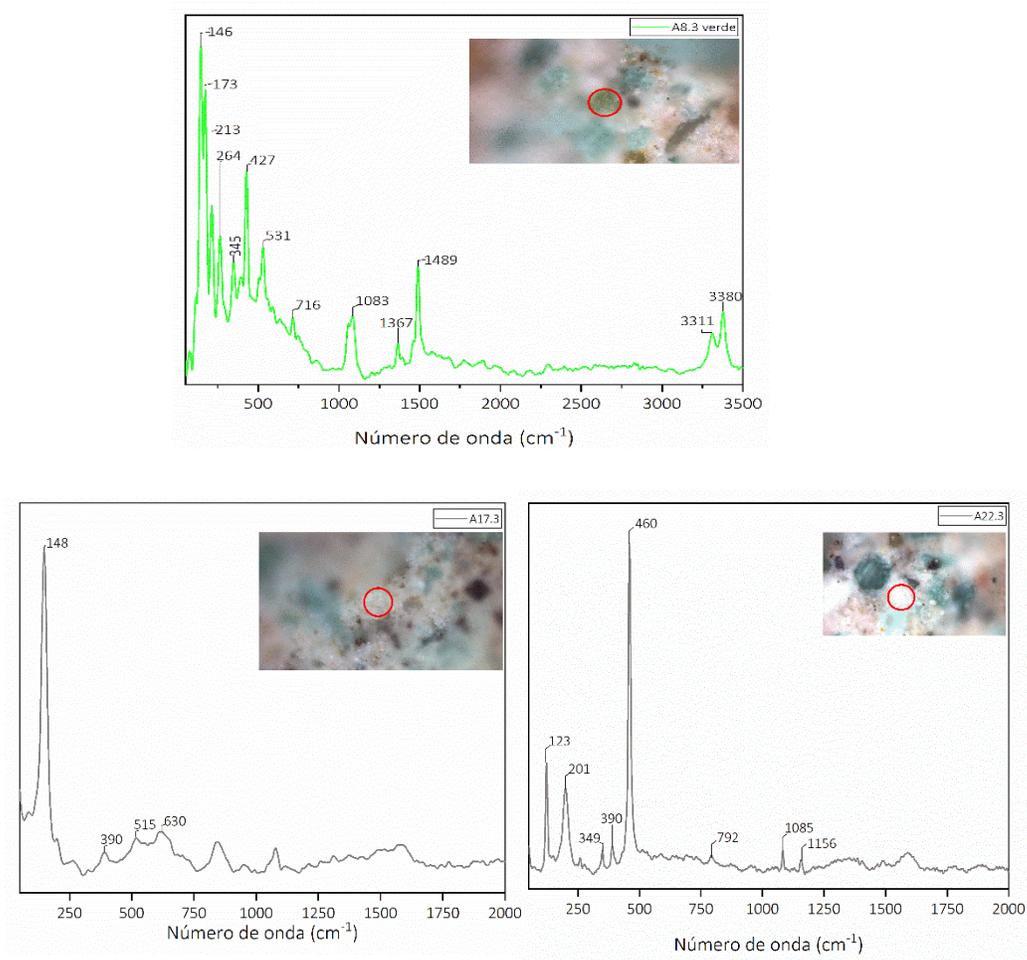


Figura 50. Espectros de malaquita (arriba), anatasa (abajo. izq.) y de cuarzo y calcita (abajo. dcha.).

identificación de este último componente es podría ser intencional, buscando otorgar ciertas propiedades físicas u ópticas a la matriz del pigmento. Sin embargo, su presencia también relacionada a su presencia como impureza en alguno de los materiales utilizados para elaborar el pigmento o que su presencia viniera dada como un resto del proceso de molienda y que su presencia se ligara a los instrumentos líticos utilizados para la molienda de los diferentes componentes del pigmento (Lafuente et al. 2015).

Azul

La gama cromática del azul está representada en Amanalco a partir de dos pigmentos, el **Azul Tipo 1**, más oscuro, denominado como azul marino por Torres Montes (1992) y el **Azul Tipo 2**, de mayor claridad y denominado azul ultramar por Diana Magaloni (1996) (Figura 52). Para denominar a estos dos pigmentos de manera general se va a recurrir a la nomenclatura numérica ya que la experiencia visual es subjetiva y está sujeta a múltiples variables como el tipo de iluminación entre otras. Así pues, la adjetivación de este azul como marino o ultramar puede llevar a la confusión y usaremos por el momento Azul Tipo 1 y Azul Tipo 2.

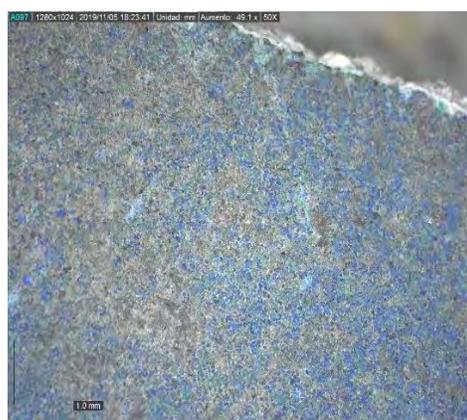
Para la definición de las características de ambos pigmentos se ha recurrido como en el resto de los pigmentos descritos a los datos colorimétricos. El Azul Tipo 1 posee una luminosidad media y es un pigmento grisáceo por su grado de saturación ($L^*=44; 1 \leq C^* \leq 7$). Por su parte el Azul Tipo 2 es un pigmento azul grisáceo, con variaciones en cuanto a su luminosidad y saturación en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores CIE L*C* de los pigmentos azules de Amanalco

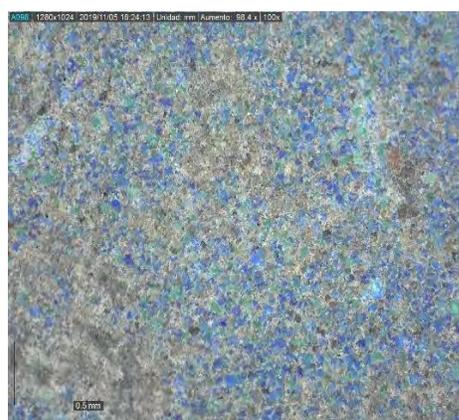
Color	Luminosidad (L^*)	Saturación (C^*)
Claro grisáceo	56-75	1-7
Claro débil	56-75	7-25
Medio grisáceo	35-56	1-7
Medio medio	35-56	25-45

El uso de ambos pigmentos difiere tanto en cantidad como en función en el contexto de la pintura mural del conjunto. El Azul Tipo 1 tiene una menor presencia respecto al Azul Tipo 2, es utilizado en motivos que asemejan a las bandas típicas del estilo plástico teotihuacano y que podrían haber fungido como cenefas o marcos de otras escenas.

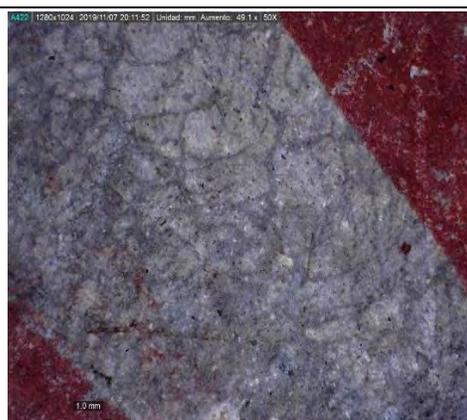
El Azul Tipo 2 por su parte se utiliza también para pintar motivos geométricos, pero también para pintar elementos figurativos alusivos a elementos acuáticos como gotas o para emular medios acuáticos y dar contexto a otras imágenes como secciones de caracoles marinos, elemento recurrente en la muralística teotihuacana.



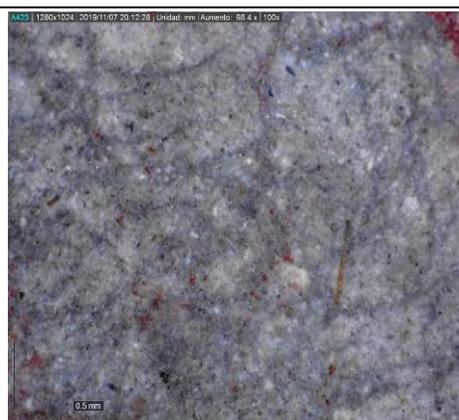
Azul 1, 50X (A31)



Azul 1, 100X (A31)



Azul 2, 50X (A16)



Azul 2, 50X (A16)

Figura 51. Imágenes de microscopía digital de los pigmentos azules de Amanalco.

Las diferencias entre ambos matices de pigmento azul aumentan cuando son observados bajo el microscopio tal y como se puede observar en las imágenes (Figura 52). El Azul Tipo 1 está elaborado a partir de una matriz blanquecina que amalgama partículas

cristalinas de un color azul intenso junto con partículas cristalinas verdes, aunque en una cantidad muy inferior. Las características formales y morfológicas de las partículas resultan particularmente interesantes. El tamaño regular (ca.35-55 μm) de las partículas (Figura 53), así como la forma redondeada de estas nos habla de nuevo, como ocurre con los pigmentos verdes, de la precisión en el proceso de molienda en los metates y morteros para lograr la uniformidad observada y mantener la intensidad del color de las materias primas. Por otra parte, esta mezcla entre materias primas de color verde y azul para elaborar este pigmento ha sido identificada por D. Magaloni (1996) en su denominado Azul Tetitla conformado por malaquita y un sulfato de cobre, la calcantita ($\text{Cu}(\text{SO}_4)5\text{H}_2\text{O}$) .

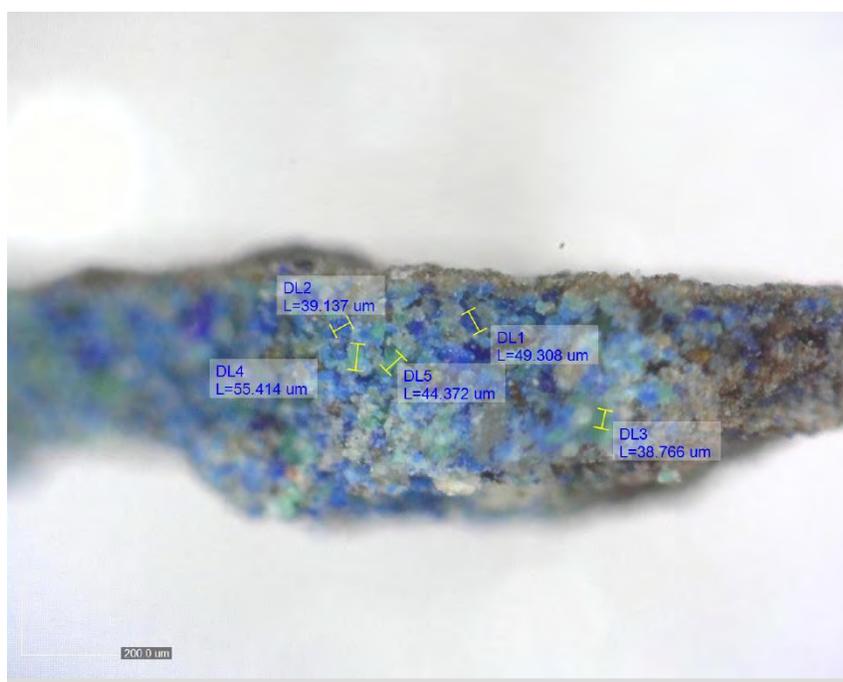


Figura 52. Muestra de capa pictórica de Azul Tipo 1 (A13). Nótese la regularidad en el tamaño y la forma de las partículas azules y verdes.

El Azul Tipo 2 presenta unas características totalmente diferentes respecto al anterior. Este pigmento se caracteriza por una matriz de color gris azulado, de grano muy fino que amalgama pequeñas partículas opacas de matiz azul intenso, pero de una naturaleza diferente a las partículas cristalinas vistas en el Azul Tipo 1. Cabe señalar que este pigmento tiene la particularidad de que en algunos fragmentos tiene un proceso de degradación muy

particular y es la pérdida de color por decoloración, proceso ya identificado en el pigmento azul ultramar de Tetitla (Fragmento A16 de la Figura 52) (Magaloni, 1996).

Las diferencias entre ambos pigmentos azules se perciben también en los diagramas cromáticos, donde los tres ejemplos de Azul Tipo 1 poseen una tendencia hacia el matiz verde, lo que se relaciona con la presencia de cristales de este color en el pigmento. Por su parte, el Azul Tipo 2 se sitúa en el cuadrante del rojo (a^* positivo) y el amarillo (b^* positivo), con unos valores muy bajos de saturación lo que hace que se sitúe en el área de los grises, algo que comparten ambos pigmentos (Figura 56).

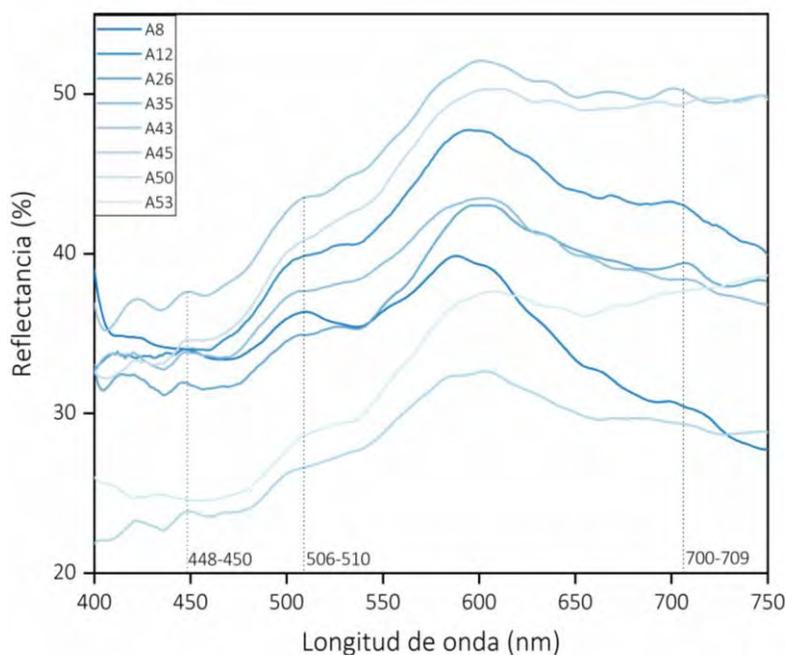


Figura 53. Espectros de reflectancia de los azules Tipo 2 de Amanalco.

Los espectros de reflectancia permiten observar las distintas contribuciones de color que generan el particular pigmento Azul Tipo 2. Como se puede observar en la Figura 54 los espectros muestran varios máximos de reflectancia, un área del azul con una banda de reflectancia clara entre 448 y 450 nm, luego una pendiente pronunciada para acabar en otro máximo en torno a 506-510 nm, en el amarillo y, finalmente, una pequeña aportación en el área del rojo (700-709 nm) (Figura 54). El color que se observa entonces es un gris resultado

de la contribución del verde y el rojo con un matiz azulado, tal y como se desprende de los espectros de reflectancia obtenidos.

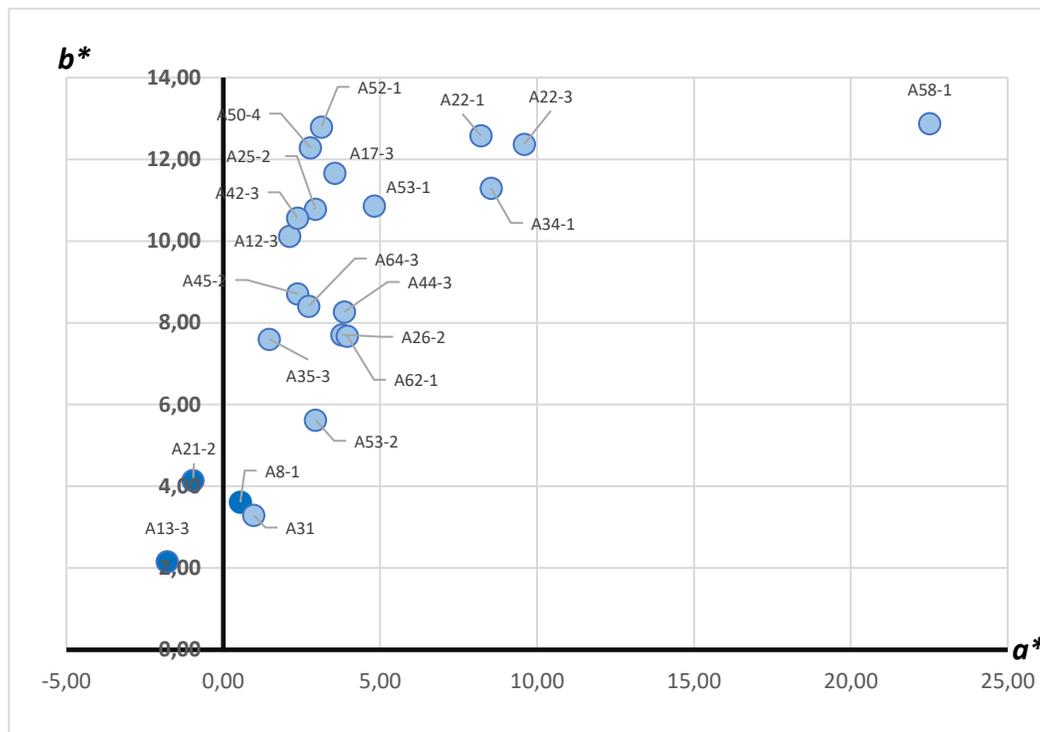


Figura 54. Diagrama cromático de los azules de Amanalco.

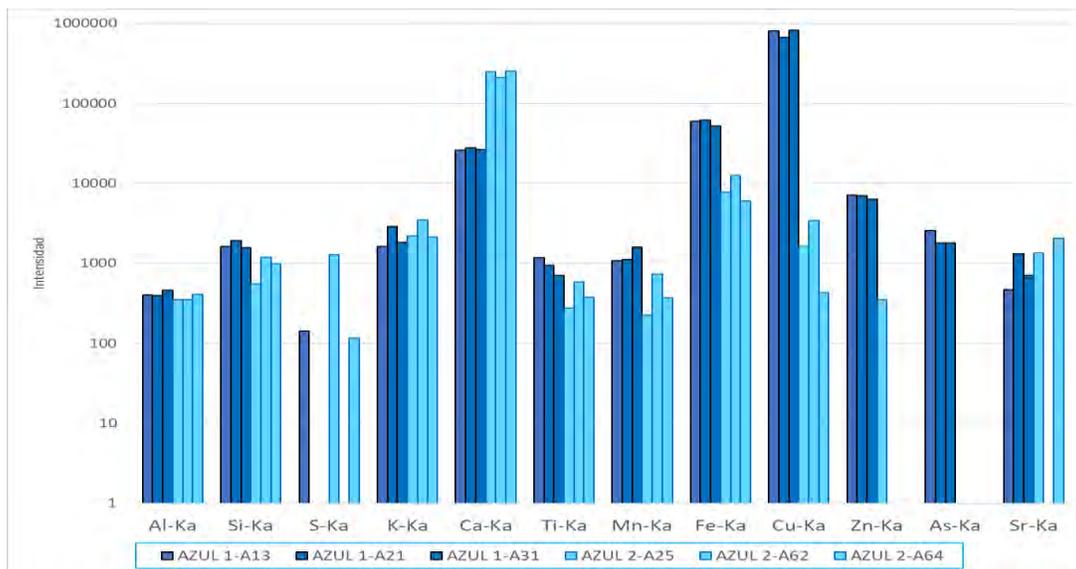


Figura 55. Resultados XRF del Azul 1 y Azul 2.

Así pues, tanto las mediciones colorimétricas como los espectros de reflectancia obtenidos permiten abrir el debate acerca de la nomenclatura de estos colores,

especialmente del Azul Tipo 2, tema que se tratará en mayor profundidad en el capítulo de discusión.

Las diferencias entre la naturaleza entre los dos pigmentos azules terminan por definirse con los resultados de la XRF. Los resultados del Azul Tipo 1 evidencian que la composición elemental de este pigmento es principalmente Cu (Figura 56), elemento al que también se asocian el As y el Zn, asociados a la presencia de cristales verdes de Cu, identificados como malaquita en los pigmentos verdes. Junto a estos elementos el Azul Tipo 1 muestra presencia de Fe, Ca, Sr, Si, K, Ti, elementos asociados a las capas inferiores de pigmento rojo o rosa, sobre las cuales se aplica el pigmento Azul Tipo 1 así como a la presencia aluminosilicatos para conformar la matriz del pigmento.

Caso aparte es el Azul Tipo 2, para el cual se ha identificado unos notoriamente bajos conteos de cobre, así como la ausencia de cualquier otro elemento químico típicamente asociado con pigmentos azules. En todos los casos analizados, el Azul Tipo 2 se caracteriza por presentar altos valores de Ca (Figura 56), lo que podría estar relacionado con una de las materias primas con las que se elaboró la matriz del pigmento, pero no con el color de éste. Tras el calcio, con unas intensidades notablemente inferiores aparecen elementos como Fe, Cu, K, Sr Si, Al. La presencia de estos elementos se relaciona a la presencia de aluminosilicatos presentes, al igual que con el Azul Tipo 1, en la matriz del pigmento, así como a las capas inferiores del mural, ya que este pigmento se superpone a capas pictóricas rojas. Con todo, los resultados elementales de este pigmento no proporcionan la información suficiente como para poder proponer el compuesto o compuestos responsables de dotar del matiz azul grisáceo que caracteriza este pigmento.

Los resultados obtenidos con espectroscopía IR han permitido identificar en el Azul Tipo 1 presencia de bandas asociadas a la azurita ($739, 788, 812, 1420, 1463 \text{ cm}^{-1}$) como materia prima principal y así como aluminosilicatos ($418, 436, 464, 1042 \text{ cm}^{-1}$) asociados a arcillas presentes en la matriz. Por su parte, los resultados obtenidos con Raman corroboran y complementa los de IR, permitiendo ahondar en la tecnología de este pigmento de azurita. Junto a esta materia prima de fulgurante color azul, los teotihuacanos usaban malaquita,

para dotar de cierto matiz verde a este pigmento y carbón, embargo, usado en una cantidad muy superior a la vista en las otras formulaciones (Figura 57).

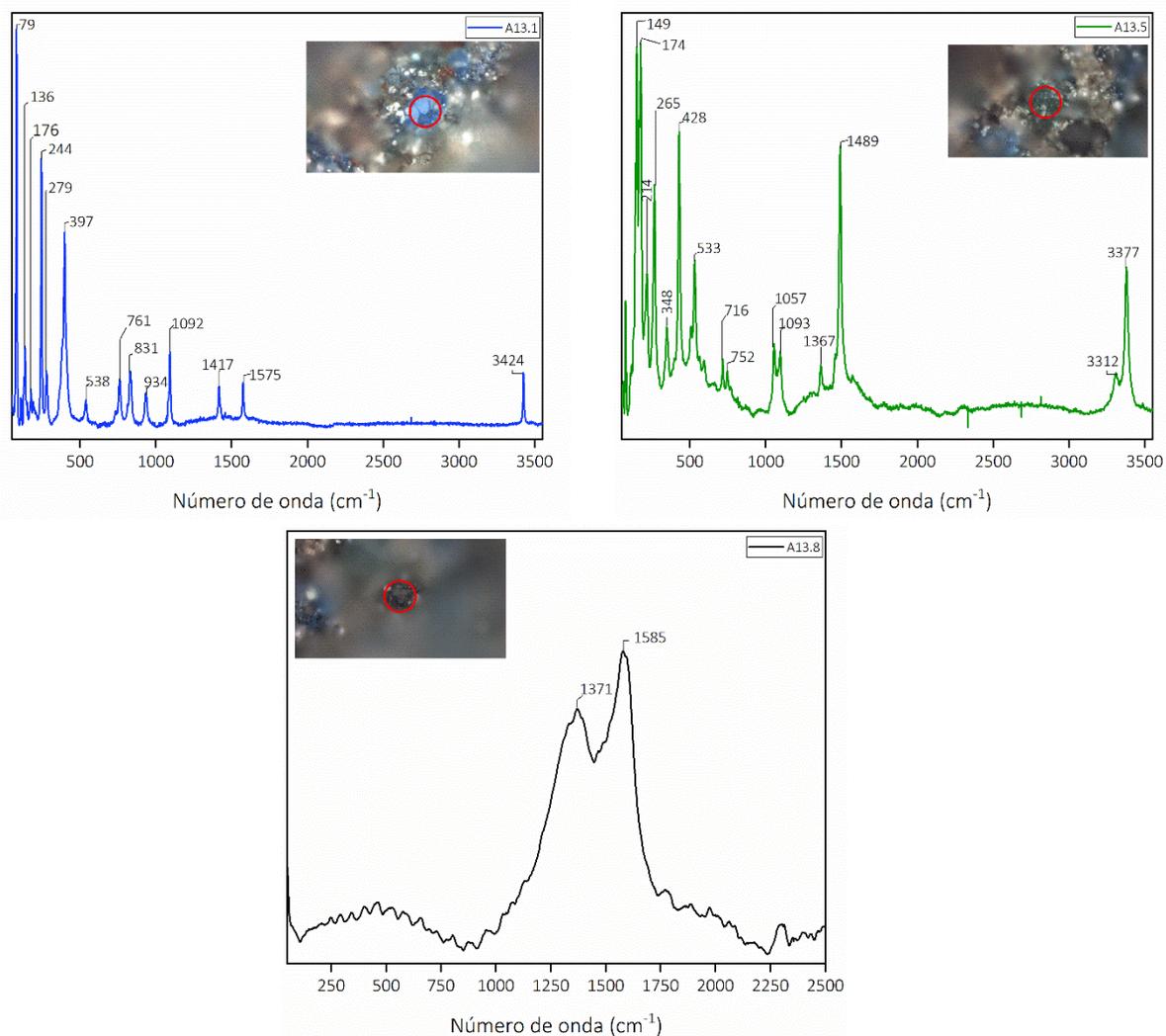


Figura 56. Espectros Raman del Azul Tipo 1. Arriba. izq: azurita; Arriba. dcha: malaquita. Abjo.: carbón.

Por su parte, el Azul Tipo 2 de Amanalco ha podido ser caracterizado gracias a los análisis puntuales de la espectroscopía μ Raman. Esta técnica ha permitido revelar una formulación inusual en la que se utilizan tres materias primas para lograr el matiz tan particular de este pigmento. Por un lado, la matriz base del pigmento se elabora a partir de una mezcla de grano muy fino de carbón y calcita, tal y como se observa en la Figura 58, donde las bandas de carbón (1360-1368 y 1590-1593 cm^{-1}) y de calcita en son evidentes. Un dato interesante en cuanto al tipo de carbón que estarían utilizando los artesanos

pigmentarios teotihuacanos es el hecho de haber encontrado la banda típica del negro de hueso (960 cm^{-1}) en la muestra A64 (Figura 58).

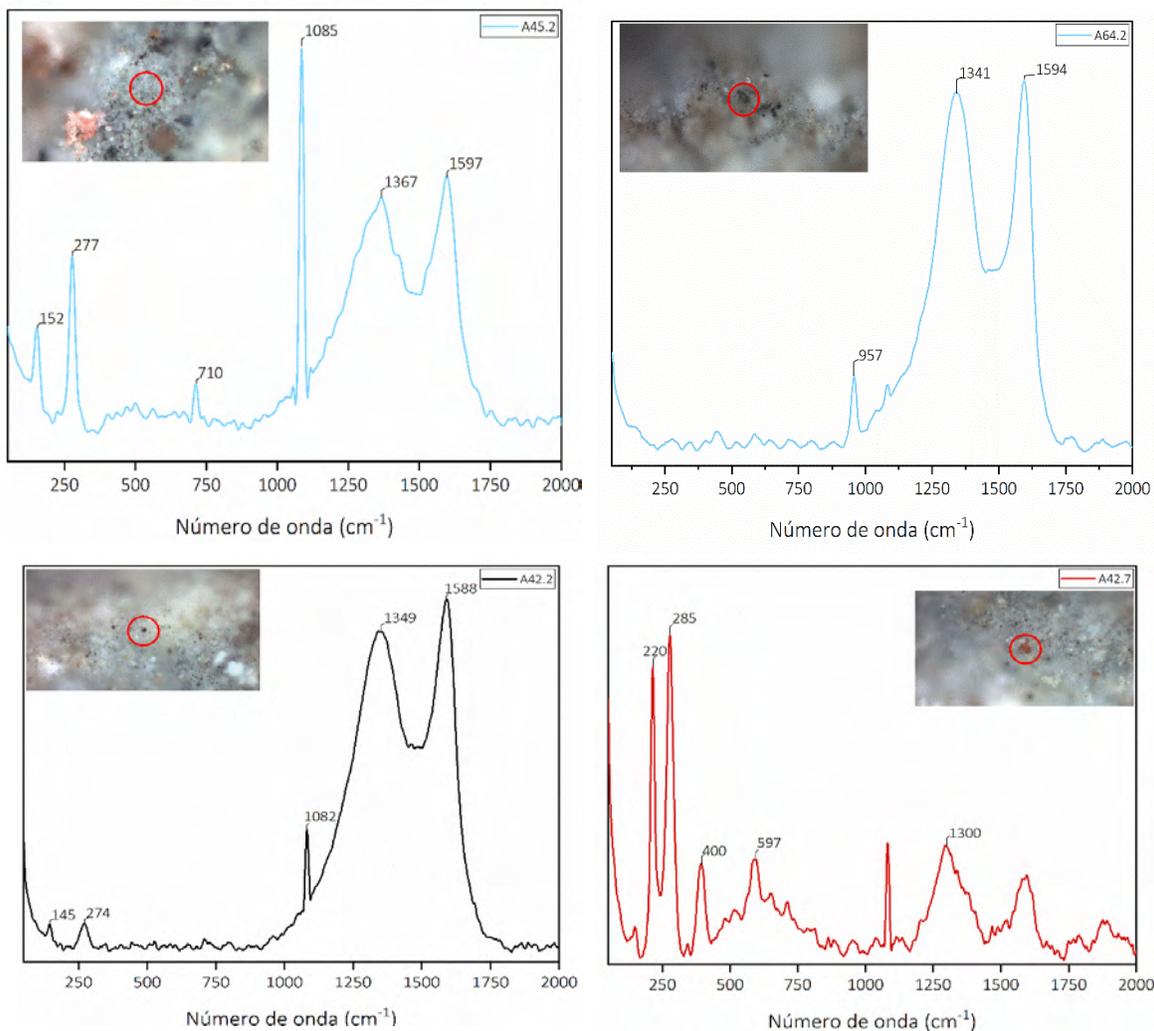


Figura 57. Espectros Raman de los componentes del Azul Tipo 2. Arrba izq.: espectro de la matriz con los picos característicos de carbón y calcita; Arrba. Dcha. Espectro de carbón con la banda característica del negro de hueso (957 cm^{-1}); Abjo. izq.: espectro de partícula de carbón en la matriz; Abjo. dcha.: espectro de partícula de hematita en la matriz.

La magnificación del equipo utilizado ha permitido advertir que la matriz de carbón y calcita amalgama, además, partículas de carbón de mayor tamaño. Esto, unido a la presencia de partículas de hematita diseminadas por toda la matriz, genera en el pigmento el particular matiz y tono oscuro (Figura 58).

Esta mezcla entre carbón y calcita para obtener estos matices azulados la identifica D. Magaloni (2001) en varios sitios del Clásico de Área Maya. Sin interpretar más allá de lo

que nos permiten los datos y sin pretender entrar en el terreno especulativo, la identificación de esta formulación para este matiz tan particular de azul no hace más que generar más interrogantes y cuestiones relativas a la interacción entre el Centro de México y el Sureste durante el periodo Clásico. Volveremos a tratar estas cuestiones en capítulo de la discusión y conclusión.

Negro

El color negro aparece de forma muy escasa en el conjunto Amanalco. Sólo se ha localizado en dos fragmentos de pintura mural, uno correspondiente a los recorridos de superficie de R. Millon durante las primeras etapas del Teotihuacan *Mapping Project* (A1) y otro a las temporadas de excavaciones realizadas en la década de los ochenta (A59) (Figura 59).

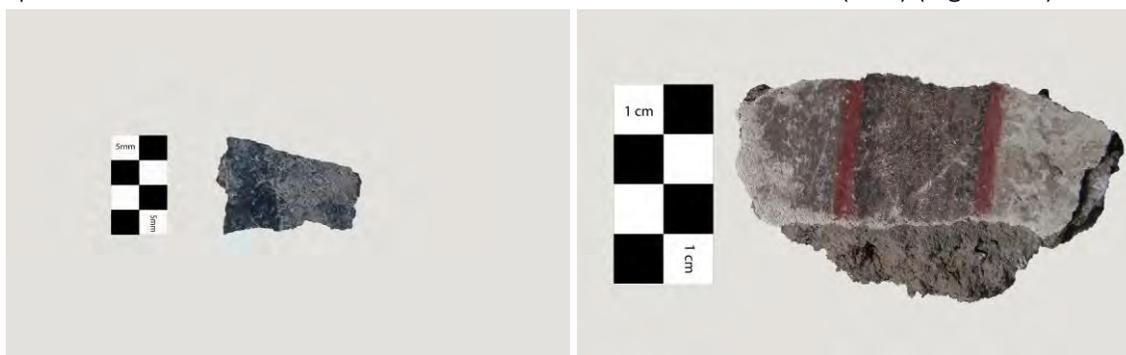


Figura 58. Imágenes de los dos fragmentos de pintura mural con restos de pigmento negro. A1 (izq.), A59 (dcha.). Fotografía: Isaac Rangel Chávez.

A pesar de la escasez de este pigmento, los dos fragmentos que nos ofrece el contexto de Amanalco evidencian ciertas diferencias como ya se percibe en las dos imágenes de la Figura 59. El pigmento negro del fragmento A1 posee cierto matiz azulado y una mejor conservación, mientras que el de A59 es un pigmento menos luminoso y no tiene el citado matiz azulado. Estas diferencias generales se acrecientan con las imágenes infrarrojas de falso color, donde el cambio de ambos pigmentos es totalmente diferente. Mientras que en el pigmento negro de A1 no se percibe apenas la variación, el del A59 muestra una permuta hacia matices rojos. A raíz del cambio sufrido por los dos pigmentos bajo esta técnica, podemos presumir la naturaleza distinta entre estos dos pigmentos, a pesar de no poder ir más allá en cuanto a su caracterización, pues los pigmentos negros son una de las principales

limitantes de esta técnica. Así pues, se denominará **Negro Tipo 1** al pigmento del fragmento A1 y **Negro Tipo 2** al pigmento de A59 (Anexo, pp. 402).

Técnicamente ambos pigmentos comparten la finura del grano de la matriz de pigmento. Sin embargo, el Negro Tipo 1 tiene un tamaño de grano algo más grande que el Negro Tipo 2, además de que la matriz del pigmento amalgama partículas cristalinas de tamaños y formas variables. Por su parte, el Negro Tipo 2 no posee apenas cargas, ya que la matriz del pigmento tan solo ostenta pequeños cúmulos que pueden responder a una mayor concentración del pigmento o a pequeñas partículas de la materia prima en bruto para reforzar la intensidad del pigmento, algo observado en otros pigmentos como el rojo o el amarillo.

Las diferencias entre los pigmentos se acrecientan con los datos colorimétricos de ambos pigmentos, donde se percibe el matiz azulado del Negro Tipo 1 y el matiz hacia el rojo del Negro Tipo 2. Junto a estas variaciones en el matiz observadas en el diagrama cromático, los espectros de reflectancia de ambos pigmentos son diferentes. Mientras que el Negro 1 ostenta un máximo de reflectancia en torno a 600 nm que puede estar relacionado con la presencia de tierras naturales, el pigmento Negro 2 presenta un espectro similar al de los pigmentos rojos, lo que se relaciona por la presencia de una capa inferior de pigmento rojo como se percibe en las imágenes de microscopía (Anexo, p. 402).

Los resultados de XRF evidencian aún más diferencias, pero permiten aproximarse a la naturaleza de los pigmentos. Ambos pigmentos presentan valores mayoritarios de Fe, Sr, y K, lo que se está relacionado a la presencia de tierras naturales en la composición de ambos pigmentos (Figura 60). Sin embargo, el pigmento Negro 1 tiene en su composición Cu, Zn y S, elementos que se han identificado en los pigmentos verdes de malaquita de este conjunto. En este sentido, es interesante traer a colación el trabajo de S. Margolis sobre la colección Wagner en San Francisco, donde señala que "El pigmento negro se encuentra en varias formas: un negro tizne-compuesto de carbón; un verde oscuro de apariencia negra que contiene malaquita, cobre y hierro; y un azul muy oscuro que contiene malaquita, cobre y hierro; y un azul muy oscuro que contiene azurita y hierro" (Berrin et al. 1988, 44).

Así pues, considero que podemos atribuir la presencia de los elementos químicos señalados a la presencia de compuestos de cobre en la composición del Negro Tipo 1.

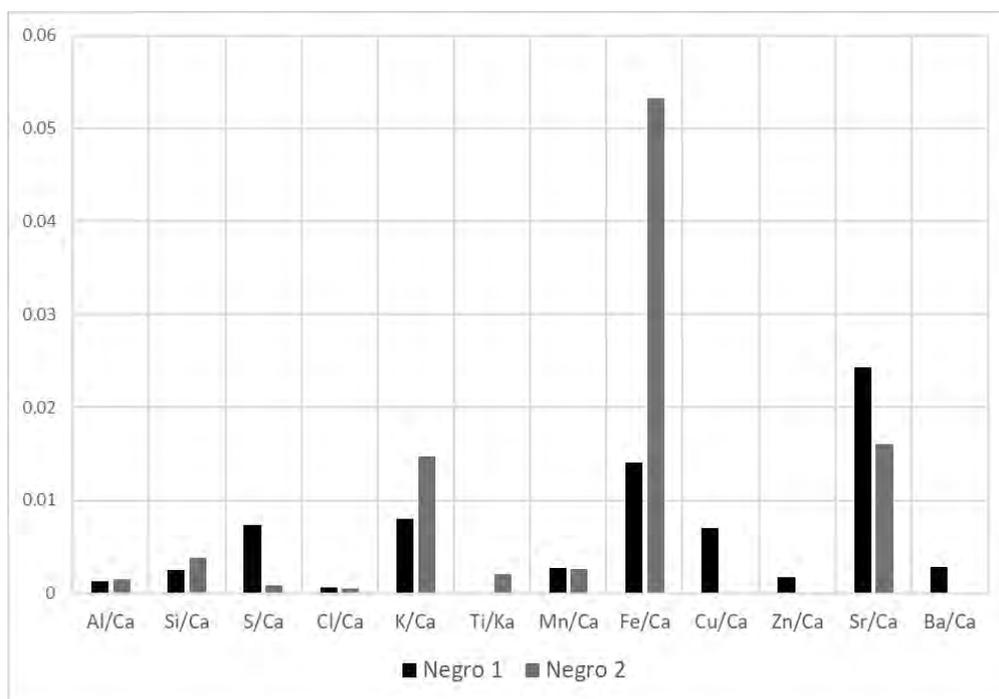


Figura 59. Caracterización elemental de los pigmentos negros de Amanalco.

Por otro lado, los elementos químicos identificados para el pigmento Negro Tipo 2 permiten plantear su elaboración con tierras naturales y algún material orgánico sin identificar como podría ser el carbón.

A pesar de la escasa representación del color negro, los dos fragmentos de pintura mural con presencia de este color ofrecen resultados de interés. Se vislumbran dos preparaciones que comparten la base sobre la que se “construye” el pigmento, elaborada a partir de tierras arcillosas de caolinita y carbonatos de calcio, compuestos identificados mediante espectroscopía infrarroja (Anexo, p. 404). A partir de esta base común de carbonatos y arcilla, se agregaba la materia prima generadora del color negro aún por identificar. Futuros estudios mediante técnicas como la espectroscopía Raman, la difracción de rayos X o los cortes estratigráficos permitirán revelar tanto la materia prima responsable del color como la naturaleza del material de cobre presente en el pigmento Negro Tipo 1.

Conjunto Patio de los Jaguares

El rojo y sus variaciones cromáticas

El color rojo es el color con mayor representación dentro del corpus de estudio del Conjunto Patio de los Jaguares. Este color aparece en este contexto con una variedad de tonos, matices, así como de soportes pictóricos vistas y descritas en el conjunto anterior. El color rojo se encuentra dispuesto sobre tres tipos de formato en este conjunto, tanto enlucidos de estuco (QJ01, QJ07, QJ09, QJ10, QJ11, QJ12, QJ13-2, QJ15, QJ18, QJ20, QJ21, QJ23) como de adobe (QJ17), así como sobre objetos líticos (QJ04). Esta característica resulta de gran interés pues que permite observar la tecnología del color teotihuacana aplicada sobre soportes pictóricos diferentes y evaluar si la tecnología de los pigmentos rojos varía entre estos dos soportes.

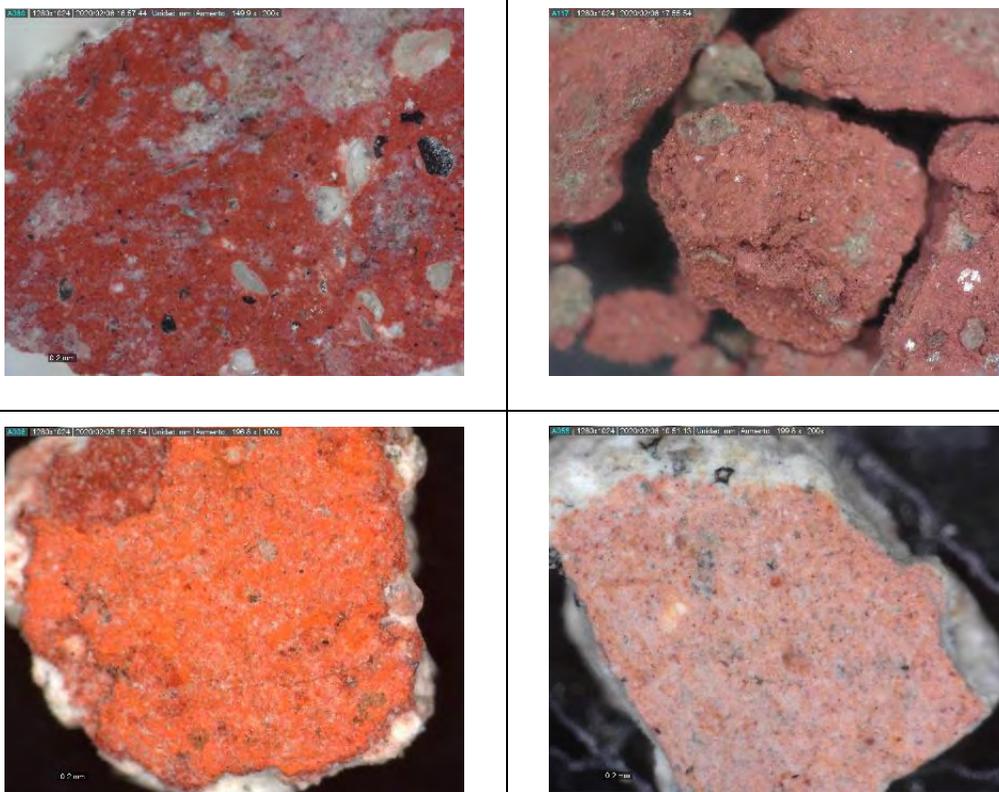


Figura 60. Imágenes a 100X de las diferentes variaciones del color rojo del Conjunto Plaza de los Jaguares.

Como se hizo en el conjunto Amanalco, dentro del grupo del color rojo se ha decidido incluir los matices anaranjados, así como el color rosa, ya que su producción y tecnología se encuentran íntimamente ligadas a través de las materias primas utilizadas. Así para la fase

Tlamimilolpa tardío (unos 100-150 años antes que las pinturas de Amanalco) el Conjunto Plaza de los Jaguares dispone de una gama de color rojo variada que va desde el típico rojo teotihuacano o guinda pasando por el rojo de matiz anaranjado hasta el rosa (Figura 61).

La microscopía digital de los fragmentos de pintura mural con presencia de pigmento rojo teotihuacano sobre enlucidos de estuco ha revelado un pigmento denso, e intenso. Las observaciones realizadas muestran un pigmento de grano fino (*ca.* 1.0-0.3 μm) conformado por una matriz roja heterogénea que varía en tonalidad y matiz entre los diferentes fragmentos, encontrando desde rojos oscuros a rojos claros de matiz anaranjado. La matriz roja de alguno de los fragmentos se encuentra salpicada por partículas de colores amarillos o naranjas como se observa en la imagen superior derecha del conjunto de imágenes (Figura 62), algo ya observado en los pigmentos rojos de Amanalco.

La matriz roja contiene los dos agregados definidos en Amanalco para los rojos teotihuacanos, los agregados cristalinos brillantes y traslúcidos de morfología prismática y de tamaño variable (*ca.* 40-400 μm) y por otro, las partículas laminares de color negro y de un lustre metálico iridiscente y de morfología prismática (*ca.* 80-350 μm) (Figura 62).

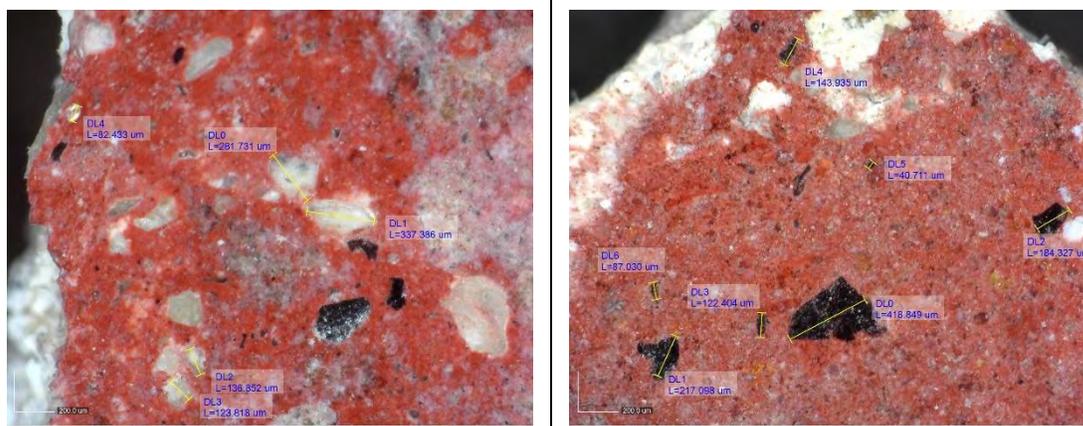


Figura 61. Imágenes a 150X de los diferentes pigmentos rojos. Se observan los agregados cristalinos traslúcidos, así como las partículas negras iridiscentes.

El pigmento rojo aplicado sobre adobe presenta características similares a las observadas en el color rojo aplicado sobre enlucidos de estuco. Comparte con estos la finura del grano sin embargo las muestras de rojo sobre adobe poseen un tono distinto al resto de muestras de rojo. La muestra de rojo sobre adobe presenta partículas amarillas y anaranjadas diseminadas por toda la matriz roja, así como agregados cristalinos de tamaño

superior a la matriz roja, así como partículas negras de lustre metálico e iridiscencia. Sin embargo, la presencia de estos dos agregados es inferior en comparación a la observada en los pigmentos rojos aplicados sobre estuco (Anexo, p.486).

La versión rosa de este pigmento se conforma a partir de una matriz de color rosado muy claro ($L^*=84.88$) que amalgama partículas de distinto tamaño y naturaleza. Se observa la presencia de los agregados negros de lustre metálico e iridiscentes ya mencionados para el pigmento rojo, pero en mucha menor cantidad, junto a partículas negras opacas. Estos dos tipos de agregados se encuentran acompañados de partículas cristalinas de tamaño y formas variables, translúcidas y parduscas que tienen una amplia presencia en todo el pigmento. El último de los elementos que conforman el pigmento rosa son partículas blancas diseminadas por toda la matriz rosada (Anexo, pp. 458-462). Como se desprende de lo anterior, Amanalco y Jaguares comparten la tecnología de la gama cromática roja, siendo este conjunto anterior en el tiempo. Esto aporta interesante información acerca de la transmisión del conocimiento acerca de la producción de pigmentos en Teotihuacan a lo largo del tiempo.

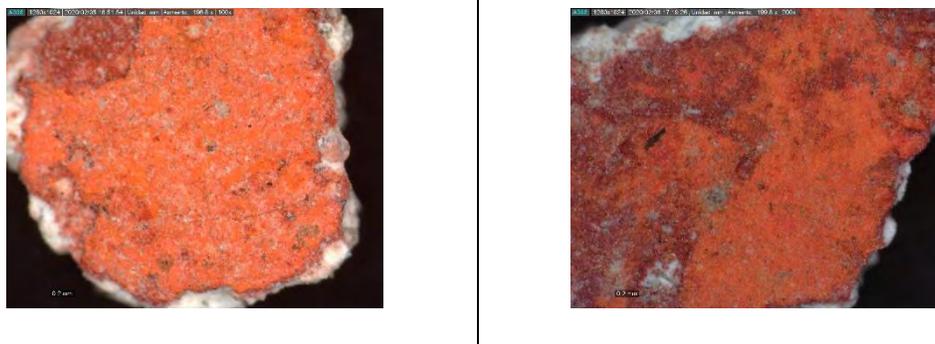


Figura 62. Imágenes a 200X de los fragmentos de pintura mural con pigmento rojo anaranjado del Conjunto Plaza de los Jaguares.

En cuanto al matiz anaranjado del rojo (Figura 63) corresponde a un pigmento denso, homogéneo de un tamaño de grano más fino que el rojo guinda. Esta característica se observa perfectamente en la imagen con electrones retrodispersados tomada con SEM, donde las partículas brillantes corresponden a las del pigmento rojo anaranjado y las más opacas al pigmento rojo teotihuacano (Figura 64).

Los escasos agregados que presenta las superficies pictóricas de este color corresponden a partículas de color negro iridiscente, morfología prismática y un tamaño de pequeño tamaño. Una particularidad observada de este pigmento es que se encuentra superpuesto en todos los casos sobre una capa de pigmento rojo teotihuacano.

Las observaciones que se han realizado con la microscopía han permitido conocer no sólo las características técnicas de los pigmentos utilizados, sino que también los métodos de aplicación y algunos de los recursos técnicos utilizados. Hemos observado que la superposición de pigmentos mediante capas delgadas es un recurso comúnmente utilizado en este contexto. Los diferentes pigmentos se superponen a través de distintas

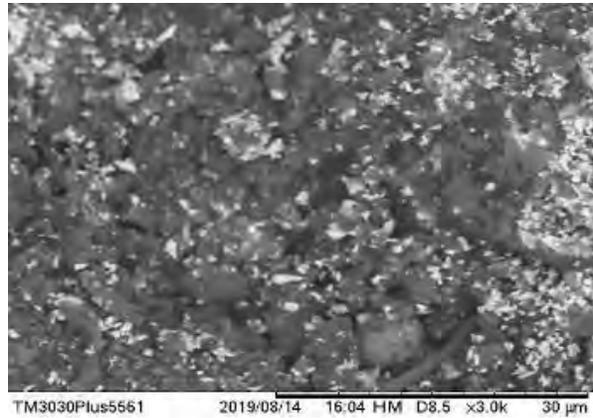


Figura 63. Imagen de electrones retrodispersados donde se observa la diferencia de tamaño entre las partículas de pigmento rojo anaranjado, más claras y brillantes, y las de pigmento rojo guinda, oscuras.

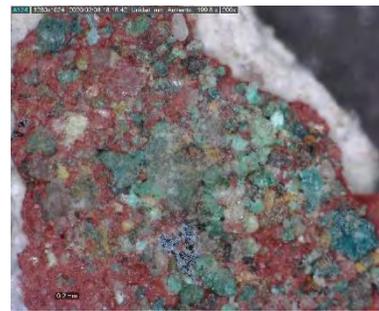


Figura 64. Ejemplos de superposición pictórica en la pintura mural del Conjunto Plaza de los Jaguares. Imágenes a 200X.

técnicas, bien mediante gruesas capas que pueden responder a enlucidos coloreados, bien mediante capas mucho más finas que a partir del fenómeno de la transparencia genera diversos matices o mediante una capa de pigmento mucho menos cohesionada como se observa en el caso del fragmento de mural con un pigmento verde de naturaleza cristalina dispuesto sobre un típico rojo teotihuacano (Figura 65).

Las variaciones de matiz entre las diferentes muestras de color rojo comentadas anteriormente se reflejan en el diagrama cromático CIE a^*b^* donde se observan claramente dos agrupaciones de color (Figura 66). Por un lado, el grupo de los anaranjados (QJ04, QJ16, QJ01, QJ13-1) más saturados con una tendencia hacia los matices anaranjados y el grupo de los rojos, más cercanos al color rojo teotihuacano, con un menor aporte de amarillo (QJ09, QJ11, QJ13-2, QJ15, QJ17, QJ21, QJ22 y QJ23).

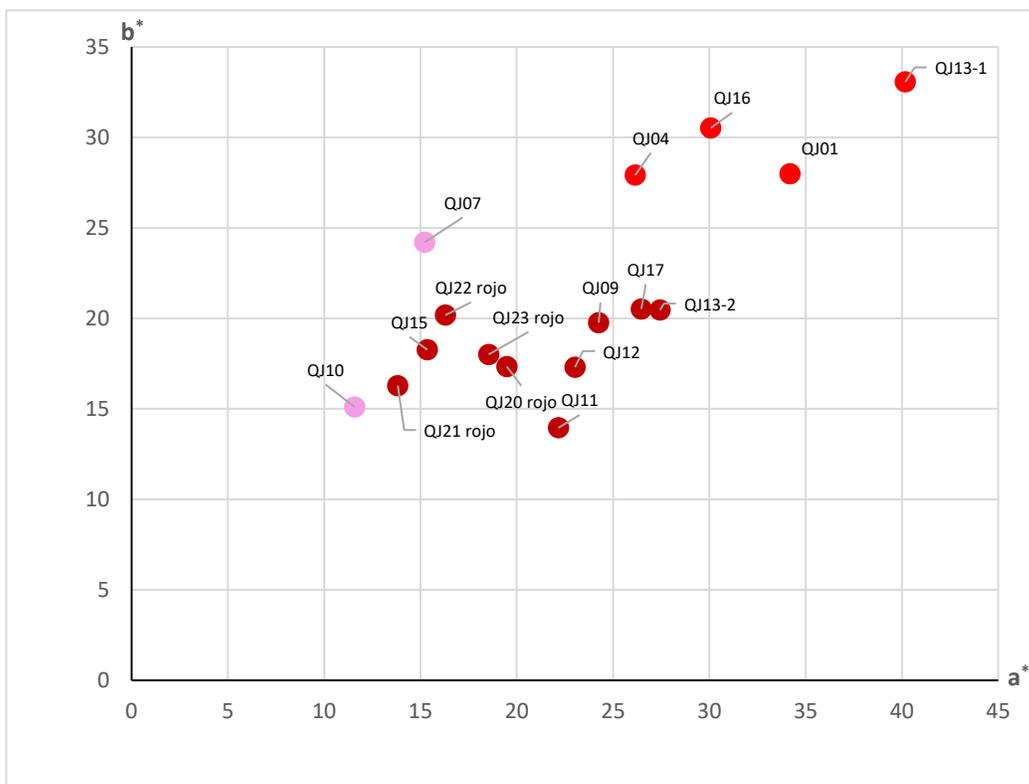


Figura 65. Diagrama cromático CIE a^*b^* del color rojo y sus variaciones cromáticas en el

Las diferencias entre el color rojo guinda y el rojo anaranjado quedan reflejadas en el ejemplo de la muestra QJ13, la cual presenta una superposición pictórica de rojo anaranjado

sobre rojo guinda. Esta diferencia en el matiz entre el rojo anaranjado y el teotihuacano no es tan acusada en el índice de luminosidad ya que ambos son pigmentos claros ($L^* = 56-75$).

Por otro lado, a partir del espectro de reflexión de la luz en las muestras de rojo guinda y rojo anaranjado observamos que ambas muestras poseen el espectro de reflexión característico del rojo de óxido de hierro con una morfología sigmoidea y podemos además observar las diferencias entre ambos colores (Figura 67). El rojo anaranjado posee una mayor reflexión en el rango del rojo (618-780 nm). La naturaleza del material del color rojo guinda se puede intuir a partir de la existencia de una bajada de absorción en torno a 650 nm, relacionada con la presencia de hematita y de tierras naturales, ambas con presencia de óxido de hierro en su composición (Figura 67).

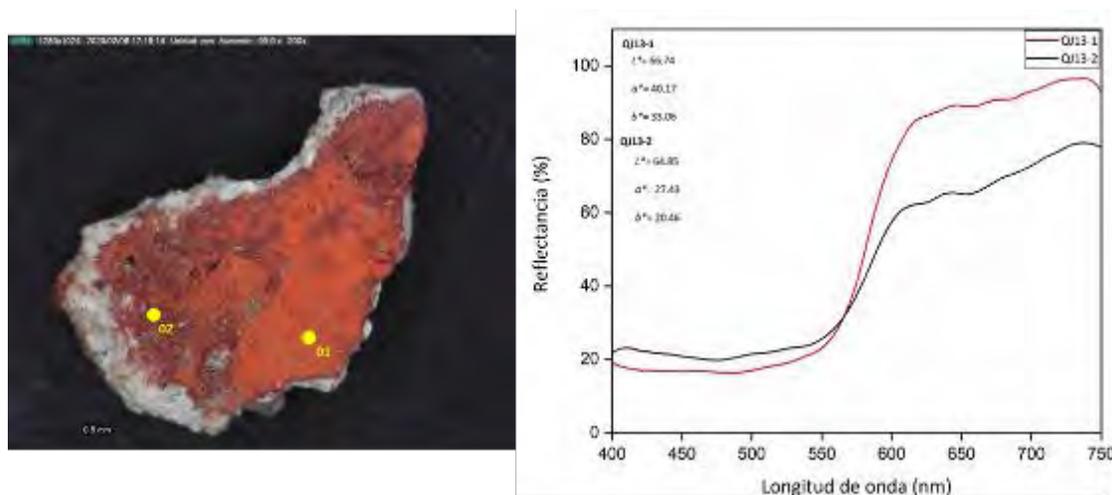


Figura 66. Espectro de reflectancia de la capa inferior roja y de la capa superior rojo anaranjado.

La espectrocolorimetría ha permitido categorizar dos grupos de color a partir de sus valores cromáticos, el grupo del rojo guinda y el grupo del rojo anaranjado. A partir del análisis elemental realizado con XRF estas diferencias se acentúan gracias a la caracterización elemental de ambos grupos de color rojo. Los resultados obtenidos de la muestra QJ13, permite dar ejemplo de las diferencias de composición entre ambos matices de rojo.

Como se observa en la Figura 68, el matiz rojo anaranjado está compuesto principalmente por mercurio (Hg), azufre (S) y hierro (Fe), lo que nos lleva a pensar en la presencia de cinabrio (HgS) en este pigmento. Esta caracterización elemental también se

observa en el rojo guinda, sin embargo los valores difieren. Como se observa, los puntos de análisis elemental realizados en el rojo guinda presentan los mismos elementos que los del

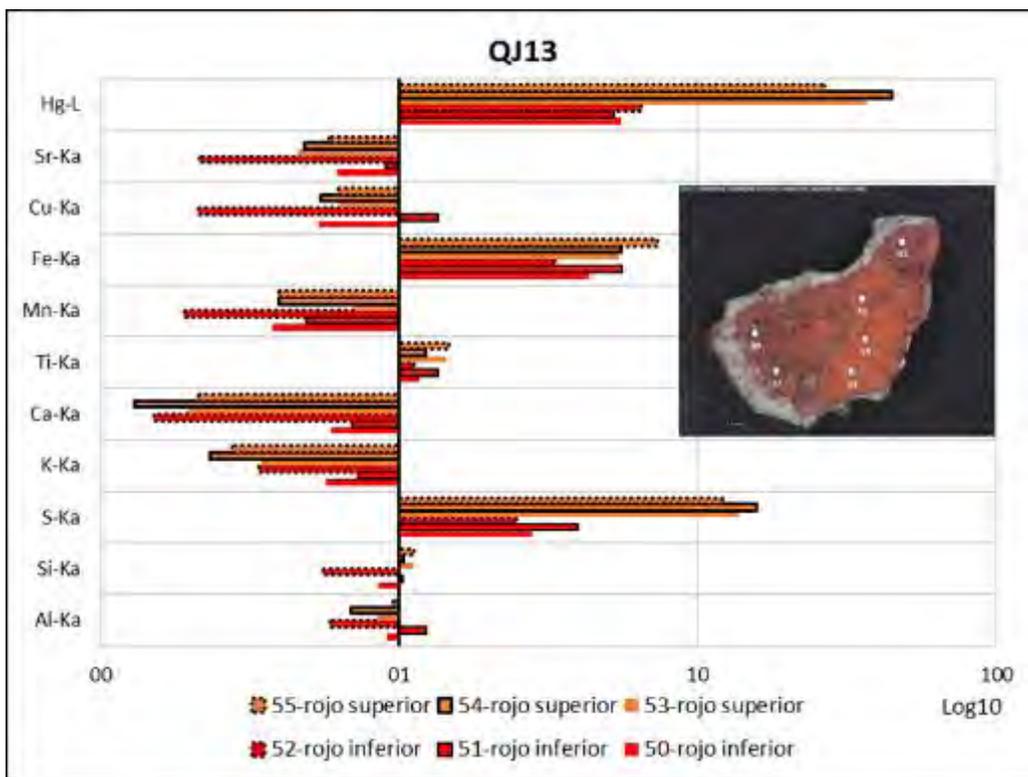


Figura 67. Caracterización elemental del pigmento rojo teotihuacano y rojo anaranjado del Conjunto Plaza de los Jaguares.

rojo anaranjado, in embargo los valores de Hg y S son inferiores mientras que el de Fe se mantiene similar.

La presencia de Hg y S en la composición del rojo guinda se asocia a la aportación sufrida por la superposición de capas pictóricas, ya que la capa rojo anaranjado se sitúa sobre la capa rojo guinda. Por ello, consideramos al rojo guinda un pigmento elaborado a partir de algún compuesto de Fe, como puede ser la hematita o las tierras naturales. Estos resultados se observan en el resto de ejemplos de rojo guinda y rojo anaranjado y se corroboran con los resultados de SEM-EDS (Anexo, pp.455-457).

En cuanto a la muestra de pigmento rojo sobre el soporte de adobe (QJ17) la caracterización elemental ha arrojado resultados interesantes, ya que muestra un pigmento compuesto principalmente por Fe, Ca y Hg, lo que nos permite pensar en una combinación entre cinabrio y algún compuesto de hierro. Otros elementos identificados como el potasio

(K), el silicio (Si), el titanio (Ti), el Al) o el estroncio (Sr), nos llevan a pensar un pigmento elaborado con tierras naturales con alguna aportación de cinabrio, combinación que ha sido identificada ya para fase Miccaotli (*ca.* 150 d.n.e.) en restos de pintura mural localizados en las subestructuras del Conjunto 1D de La Ciudadela (Martínez Sales 2018, 65-70).

La ausencia de S que se observa en la medición con XRF puede responder a la limitación del equipo de medición, ya que el rango de energía donde se ubica el S, el de los elementos ligeros, es el de menor eficiencia de detección del equipo. La presencia de cinabrio en la muestra se corrobora con los datos de SEM-EDS. A través de las imágenes con electrones retrodispersados obtenidas con SEM-EDS, en las que no se aprecian partículas atómicamente pesadas y que se representan en la imagen de SEM con mayor brillo. La comparación entre una muestra con pigmento compuesto de mercurio (QJ13) y la que nos ocupa (QJ17) sostiene este planteamiento (Figura 69).

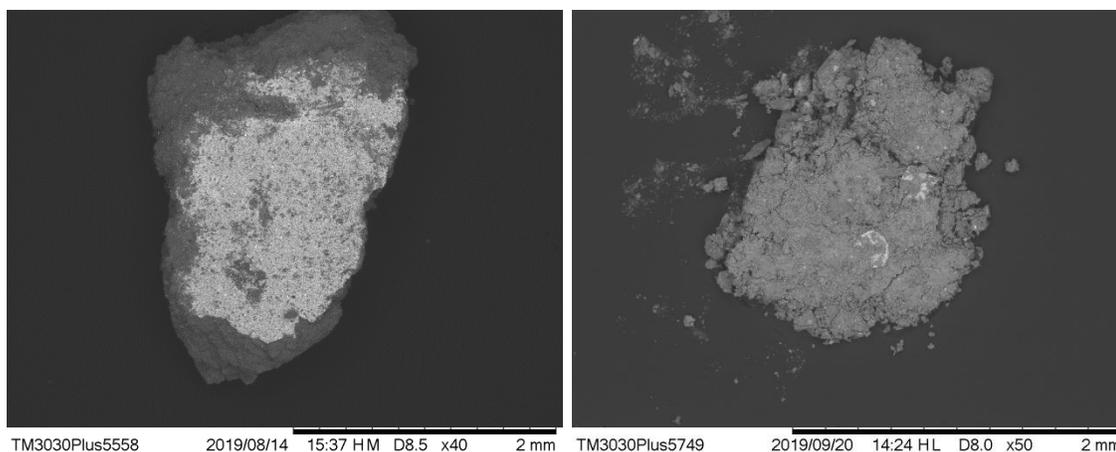


Figura 68. Imágenes de electrones retrodispersados. Izq. Pigmento rojo de mercurio. Dcha. Pigmento rojo de hierro. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.

En lo tocante a los agregados, fue posible realizar análisis puntuales a las partículas negras de lustre metálico que presentan las muestras de pigmento rojo. El análisis de la muestra QJ12 sirve de ejemplo para observar la composición de estas partículas, siendo fundamentalmente compuestos de Fe (Anexo, pp.467-470).

Una vez conocida la naturaleza elemental de los pigmentos rojos del Conjunto Patio de los Jaguares, el siguiente paso es indagar en los compuestos minerales que otorgan el color a los pigmentos, así como la identificación de los agregados.

Los resultados obtenidos hasta el momento con la espectroscopía Raman y μ Raman han permitido corroborar las hipótesis surgidas con los análisis elementales. El grupo de los rojos guinda está compuesto por una matriz roja de hematita y calcita con sus bandas en 153 cm^{-1} , 277 cm^{-1} , 1084 cm^{-1} , con agregados cristalinos translúcidos de calcita y hematita especular. Por su parte, que el rojo anaranjado está compuesto principalmente por cinabrio, identificado a partir de sus bandas en 255 cm^{-1} , 345 cm^{-1} (Figura 70). Estos resultados son de gran interés ya que no es común encontrar cinabrio en la pintura mural de Teotihuacan. Volveremos a tratar este aspecto a el siguiente capítulo.

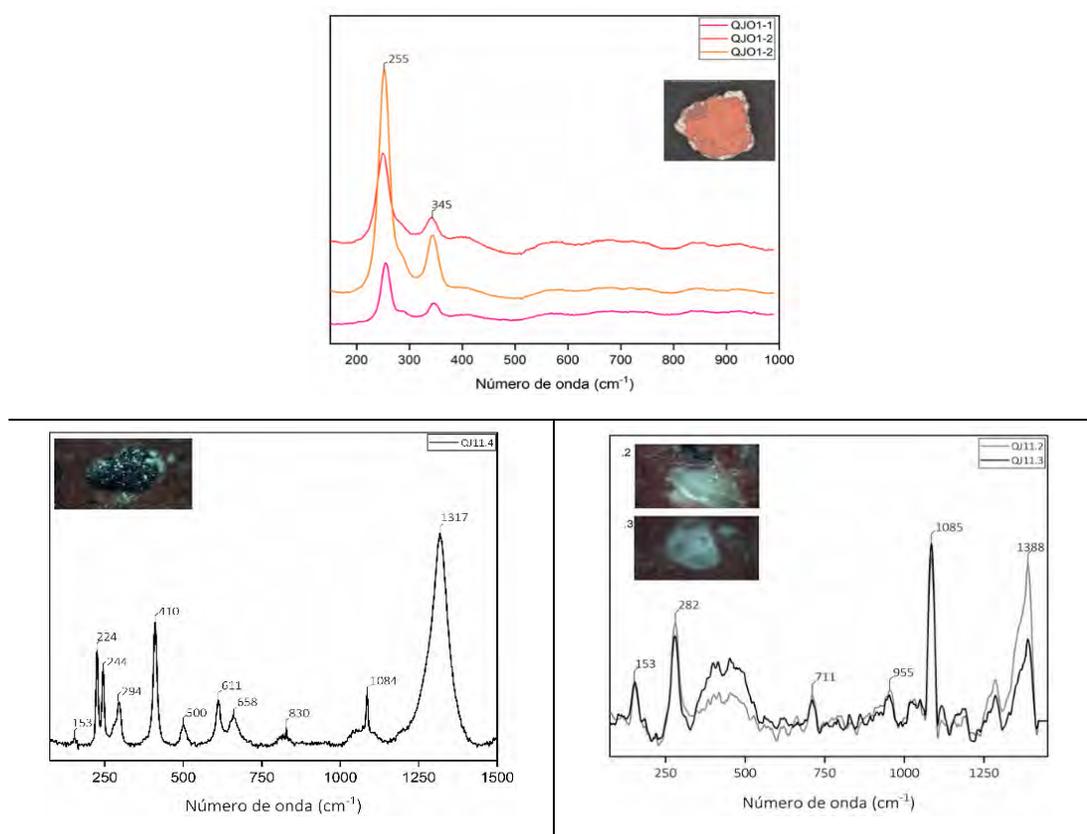


Figura 69. Espectros Raman obtenidos de los pigmentos rojos del Conjunto Plaza de los Jaguares. Arriba: espectro de cinabrio; Abajo izq.: Espectro de hematita especular; Abajo dcha.: espectro de calcita.

El último aspecto de la tecnología de los rojos abarcado con la espectroscopía Raman son los agregados. En este sentido, para los pigmentos rojos de tierras naturales se ha identificado la presencia diseminada por la matriz de cristales de calcita. A su vez, se

caracterizado las partículas negras de lustre metálico e iridiscencia como especularita o hematita especular (Figura 70).

Por último, cabe señalar la obtención de dos datos relevantes obtenidos en los análisis mediante SEM-EDS de las muestras de pigmento rosa de QJ10 y de rojo de QJ19. La revisión realizada con esta técnica ha revelado la presencia de estructuras con unas características morfológicas similares a las de las tierras diatomeas tal y como se observa en las imágenes obtenidas (Figura 71). Sin embargo, otros ejemplos de presencia de diatomeas en la composición de pigmentos en Teotihuacan la cantidad de estos microesqueletos de diatomeas es muy superior a lo observado en este corpus de estudio. Debido a lo escaso de la evidencia de estas microestructuras en el corpus estudiado, ya que solo hemos observado tres posibles partículas con estas características, no es posible aseverar la presencia de este material en la composición de los pigmentos de este contexto teotihuacano, por lo que la investigación debe ser ampliada y profundizada para poder resolver esta cuestión.

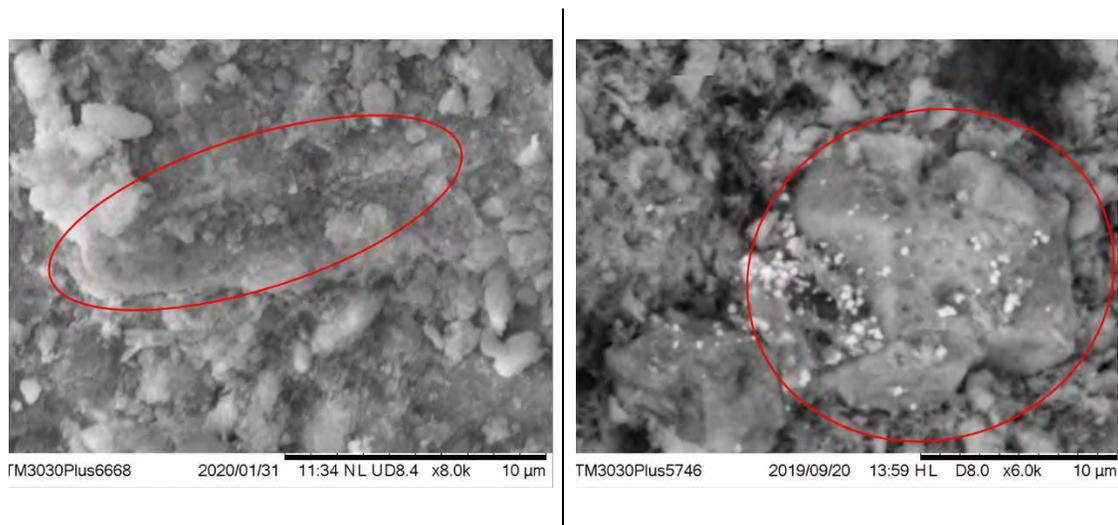


Figura 70. Imágenes de electrones secundarios de posibles diatomeas. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañeta Villegas.

Amarillo

El pigmento amarillo lo encontramos en la pintura del Conjunto Patio de los Jaguares sobre dos soportes, por un sobre un relieve escultórico de piedra estucado y pintado (QJ06) y por otro en pintura mural (QJ20). A pesar de los diferentes soportes, lo que podría llevar a pensar

en una formulación distinta, ambos pigmentos comparten características. El pigmento amarillo se conforma de una matriz de un color amarillo de matiz pardusco, densa y de grano fino con partículas de mayor tamaño de color rojo y amarillo oscuro. La matriz se encuentra salpicada por partículas de tamaño notablemente superior al tamaño de grano de la matriz.

A pesar de la heterogeneidad observada en los pigmentos anteriormente descritos, el pigmento amarillo de Amanalco presenta, de nuevo, unas características formales muy similares a las observadas en el conjunto de Amanalco. Se caracteriza por la presencia de partículas de color amarillo o pardo y rojas diseminadas por la matriz, así como por su alta cantidad de agregados.

La matriz amarilla posee dos tipos de agregados cuyo número y distribución es más o menos regular. EL primer tipo de agregado corresponde a partículas cristalinas translúcidas de morfología y tamaño irregular (*ca.* 5-20 μm). El segundo tipo corresponde a partículas negras opacas y de superficie estriada o lisa y de morfología y tamaños muy variados (*ca.* 100-300 μm) (Figura 72).

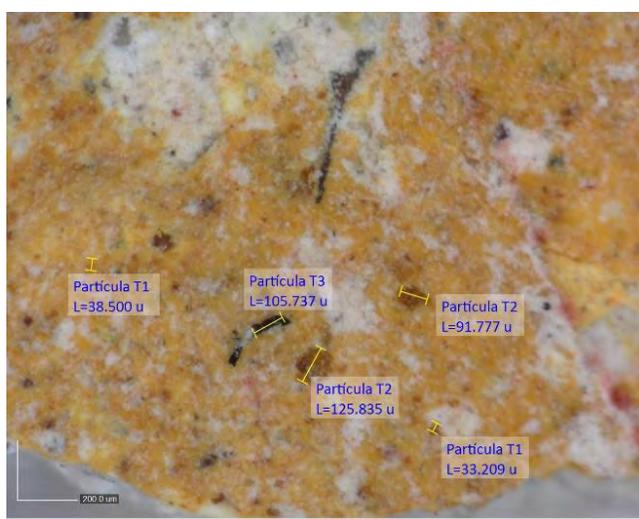


Figura 71. Imagen a 200X donde se observa alguna de las morfologías o tamaños de los diferentes componentes del pigmento amarillo.

En cuanto a la clasificación colorimétrica de las dos muestras de amarillo los sitúa en la zona central del diagrama cromático CIEa^{*}b^{*} y con una tendencia hacia los matices rojos y anaranjados, esto debido a la ya citada presencia de partículas rojas en la matriz del pigmento. La cercanía de la muestra QJ02 a la zona álcroma del espacio la relacionamos a la contribución en la medición de partículas grisáceas originarias de la roca del soporte. El pigmento amarillo de la muestra QJ20 representa bien la claridad de estos pigmentos con un valor L^{*} de 85. El espectro de reflectancia de los pigmentos amarillo de este conjunto presenta las mismas características

que las describe en los pigmentos amarillos de Amanalco, por lo que se relacionan con la presencia de óxidos de hierro (Anexo, p. 499).

La caracterización elemental de las dos muestras de pigmento amarillo ha dado resultados similares, mostrando pigmentos compuestos principalmente por hierro (Fe) con presencia de elementos con contribuciones menores asociadas a compuestos arcillosos (Anexo, p. 499). Destaca la contribución en la muestra QJ20 del azufre (S) hecho al que no hemos encontrado respuesta factible en este punto de la investigación.

La identificación del material que dota del color amarillo al pigmento de QJ20 es la goethita, un óxido de hierro hidratado común en la formulación de amarillo en Teotihuacan. Junto a la goethita, 245 cm^{-1} , 303 cm^{-1} , 401 cm^{-1} , 548 cm^{-1} , 688 cm^{-1} , se ha identificado calcita para la elaboración de la matriz y el tono deseado del pigmento (Figura 73).

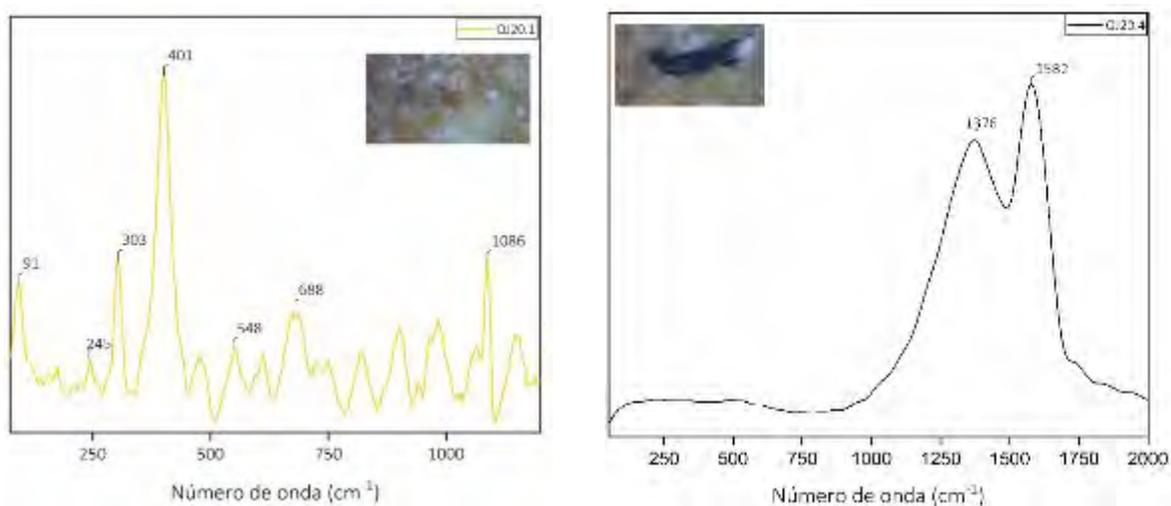
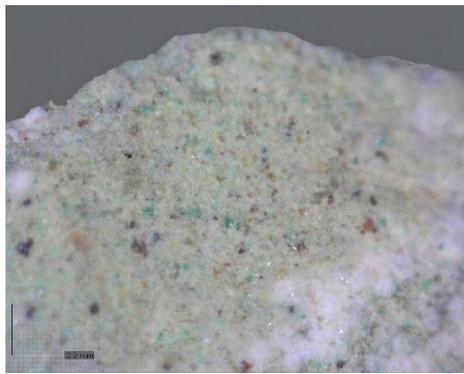


Figura 72. Espectros Raman de goethita (izq.) y de carbón (dcha.).

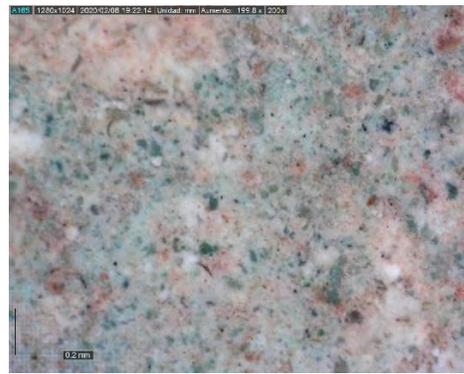
Junto a estas dos materias primas, ha sido posible identificar parte de sus agregados. Las partículas negras opacas que se observan de manera regular por la superficie pictórica amarilla de QJ20 y en las acumulaciones de pigmento amarillo de QJ06 han sido identificadas como carbón mediante esta técnica (Figura 73).

Verde

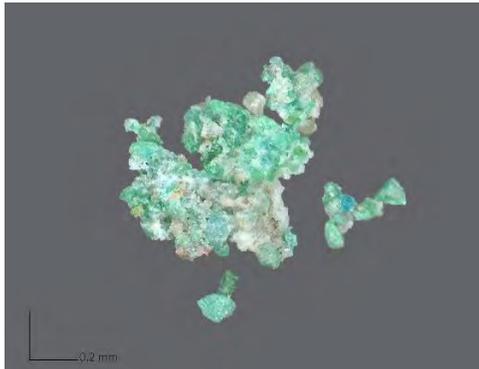
En este conjunto, la gama de color verde sigue, como viene siendo ya norma, la pauta tecnológica definida en el conjunto Amanalco. Sin embargo, entre conjunto el pigmento se aplica en formatos muy diferentes entre sí, por un lado, como un pigmento de matriz densa que amalgama partículas verdes, así como amarillas y negras (QJ03 y QJ23), el denominado **Verde Tipo 2**, y, por otro lado, un pigmento homogéneo conformado únicamente por partículas verdes (**Verde Tipo 1**). En esta segunda versión, estas partículas poseen un color verde más intenso (QJ05, QJ08 y QJ18) (Figura 74).



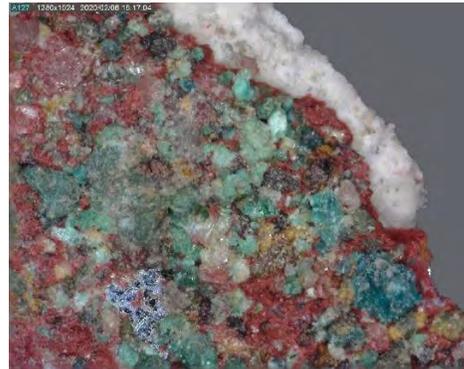
QJ03, 220X



QJ23, 200X



QJ05, 220X



QJ18, 220X EDOT

Figura 73. Imágenes a distintas magnitudes de los dos tipos de pigmento verde identificados en el Conjunto Plaza de los Jaguares. Arriba: Verde Tipo 2; Abajo: Verde Tipo 1

En este caso, el **Verde Tipo 2** está elaborado a partir de una matriz verdosa clara, de grano fino que amalgama distintos materiales entre los que se encuentran partículas rojas y amarillas opacas, partículas cristalinas de color verde intenso y partículas de color negro opacas. La conformación de la matriz y el tipo de partículas observadas corresponden a las

observadas en el pigmento Verde Tipo 2 de Amanalco (Figura 74). Se tratarán este tipo de cuestiones en el siguiente capítulo.

Por su parte, el **Verde Tipo 1** posee una conformación y una textura totalmente diferente a lo visto en otros pigmentos de este y del anterior conjunto. A pesar de lo escaso de las tres muestras de este pigmento de color verde intenso, la revisión bajo microscopía digital ha permitido observar un pigmento similar en cuanto a tamaño de grano y homogeneidad de materias primas con el pigmento Verde Tipo 1 de Amanalco. En la versión de este pigmento del Conjunto Plaza de los Jaguares se elabora con partículas cristalinas de tamaño regular y de formas prismáticas. Este pigmento verde es homogéneo en cuanto a su composición, ya que sólo se observaron agregados cristalinos translúcidos en pequeña proporción en comparación con los cristales verdes.

A diferencia del Verde Tipo 2, las partículas cristalinas que conforman este pigmento no se encuentran amalgamadas por una matriz densa como se observa tanto en el verde claro como en el resto de los colores de la paleta pictórica del sitio. Las partículas de este pigmento están combinadas con una sustancia blanquecina que proporciona la cohesión entre materiales y permite la fijación al soporte pictórico. Las diferencias observadas en la composición de la matriz de ambos matices de color verde, junto con la diferencia de granos nos lleva a pensar en pigmentos de distinta formulación y con diferentes procesos de elaboración.

La clasificación colorimétrica de los dos ejemplos de color verde de este conjunto con una superficie adecuada para poder ser medida (QJ03, QJ23) se ubican en la sección central del diagrama cromático CIE a^*b^* (Anexo, p. 422). Las mediciones indican colores poco saturados con tendencia al amarillo para estos dos casos. Por su parte, los valores de luminiscencia obtenidos en ambas muestras de verde muestran valores alrededor de 100, lo que indica que son pigmentos con una alta claridad y con un grano muy fino. Se percibe un máximo de reflexión en torno a 550-600 nm lo que refleja la tendencia al amarillo del color verde claro del Conjunto Patio de los Jaguares, tendencia observada, medida y definida también para los pigmentos verdes del Conjunto Amanalco y en Tlajinga como se verá en su sección correspondiente (Anexo, p. 422).

Los resultados de la XRF (Figura 75) muestran que el pigmento verde de este conjunto está compuesto principalmente por cobre. Sin embargo, hay diferencias de composición entre las distintas muestras de verde. A partir de los elementos químicos identificados es posible advertir tres materias primas diferentes para la elaboración de las formulaciones de pigmento verde definida en Amanalco. Por un lado, se ha identificado la presencia de Cu, K, Si y P para elaborar pigmentos Verde Tipo 1 (QJ18) y Verde Tipo 2(QJ03); y por otro, un pigmento Verde Tipo 1 (QJ18) con una caracterización elemental formada por Cu, arsénico (As), zinc (Zn), que podría corresponder a la presencia de minerales secundarios comunes en zonas de oxidación de yacimientos cupríferos como la auricalcita $((Zn,Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6)$ o la conicalcita $(CaCu(AsO_4)(OH))$.

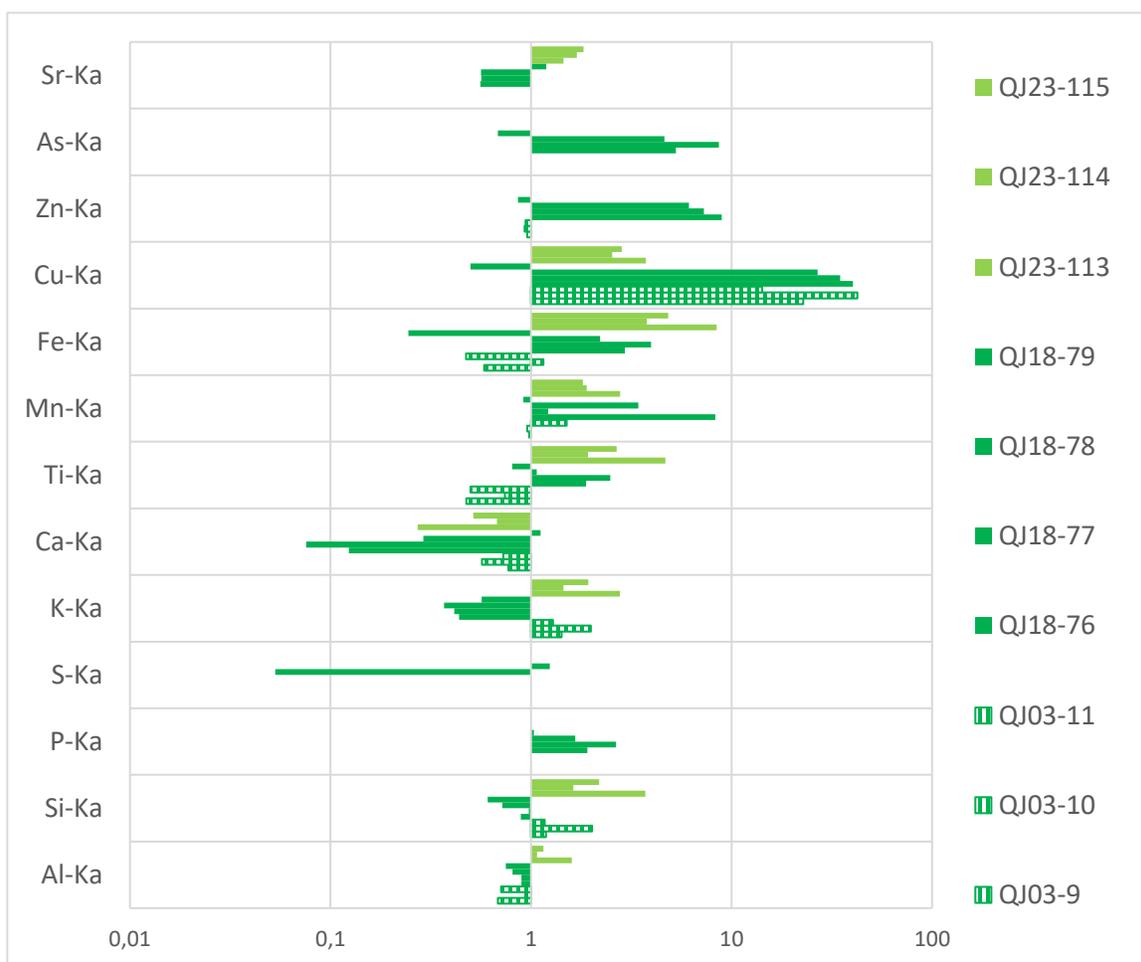


Figura 74. Caracterización elemental de los pigmentos verdes del Conjunto Plaza de los Jaguares.

A estos dos se suma, dentro de la formulación del pigmento Verde Tipo 1, la caracterización elemental de un pigmento verde (QJ23) compuesto principalmente por Fe, Cu, Si, K, y Ti, elementos químicos que podrían hacer referencia a la presencia de tierras verdes en la composición junto con algún mineral de cobre, debido a la mayor cantidad de conteos de Fe sobre Cu como se observa en la Figura 75. Con base en los resultados de la XRF podemos asumir tres materias primas para elaborar los pigmentos verdes en este conjunto. Junto a esto, los mapas elementales obtenidos con SEM-EDS ha permitido observar que las partículas amarillas, rojas y de color pardo repartidas por la matriz del pigmento Verde Tipo 1 (QJ03) son partículas de Fe (Anexo, pp. 434-499), lo que indica el agregado de materias primas de Fe en la preparación para dotar de ese matiz “cálido” a los colores verdes.

En cuanto a la presencia en el fragmento QJ23 de Si y K y a los valores altos que se observan para el Fe nos planteamos la hipótesis de que la formulación del Verde 3 pudiera contener tierras naturales verdes como glauconita $((K,Na)(Fe^{3+},Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2)$ o celadonita $(K(Mg,Fe^{2+})Fe^{3+}(Si_4O_{10})(OH)_2)$, identificadas en otros contextos teotihuacanos como el complejo palaciego de Xalla, o arcillas para amalgamar el polvo fino de malaquita, creando así la matriz verde claro y mejorando la adherencia del pigmento al soporte.

Las dos muestras restantes de verde que debido a su escasez no pudieron ser analizadas con XRF se analizaron con SEM-EDS para poder obtener así una caracterización elemental de las muestras (QJ05 y QJ08).

Los pequeños cristales de color verde intenso que conforman estos dos pigmentos, ejemplificado con la muestra QJ05, corresponden a compuestos de cobre tal y como se puede ver en la imagen correspondiente al Cu del mapeo elemental que permite realizar esta técnica (Figura 76). En ambos casos se ha identificado presencia de fósforo (P) asociado al Cu (Anexo, pp. 441-443). Gracias a los análisis puntuales micrométricos que permite esta técnica la materia conformada con partículas aciculares que amalgama los cristales de cobre, como se observa en la Figura 76 (esquina inf. Izq.) ha sido caracterizada como un compuesto de calcio (Ca), lo que nos lleva a pensar en el uso de algún componente de calcio para amalgamar estos los cristales verdes de cobre que conforman el pigmento.

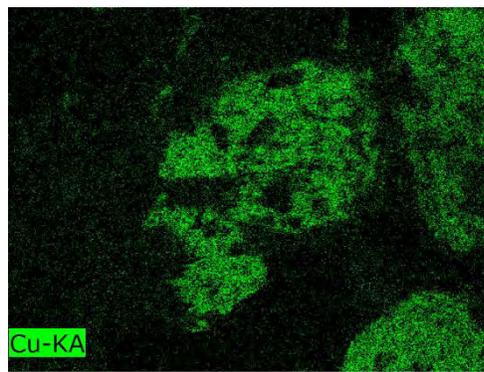
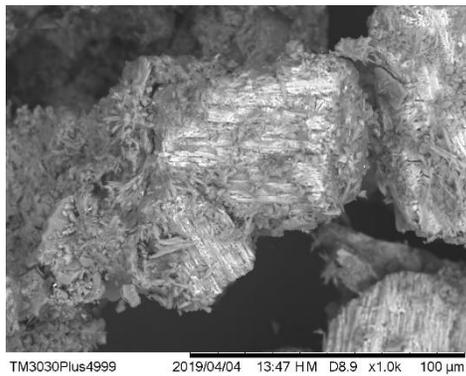
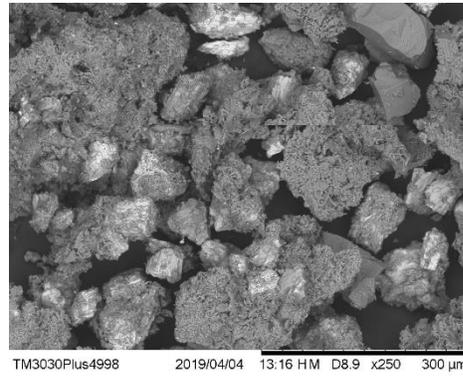
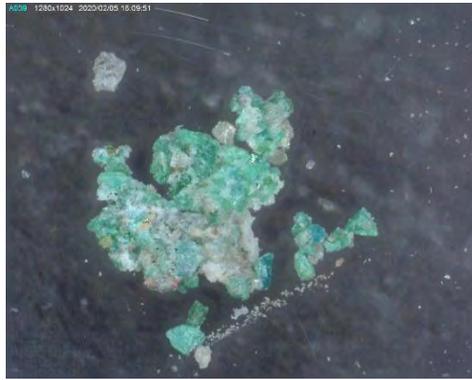


Figura 75. Corpus de imágenes obtenidas con SEM-EDS del pigmento verde QJ05. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.

La caracterización mineral de los componentes con los que se elaboran los pigmentos verdes en el Complejo Plaza de los Jaguares se obtuvo a través de la espectroscopía IR y Raman. Con la primera de ellas, se caracterizó la presencia de dos materiales usualmente utilizados para elaborar la matriz del pigmento como la arcilla caolinita y la calcita. Por otro lado, se obtuvieron espectros donde se identificaron las bandas típicas de la malaquita en el pigmento (QJ23) cuyos análisis elementales muestran más cuentas de Fe que de Cu (Anexo, p. 518) (Chukanov 2014).

Con la espectroscopía Raman se resolvió la incógnita acerca de las materias primas que se utilizaron para generar el croma verde en este conjunto. Las partículas verdes que conforman estos pigmentos han sido caracterizadas como malaquita y pseudomalaquita mediante espectroscopía Raman ($\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$), con sus bandas características en 112, 140, 176, 212, 266, 300, 368, 446, 481, 530, 607, 750, 800, 869, 971, 1056, 1085 cm^{-1} , tal y

como se observa en los espectros Raman, por lo que en este conjunto se está utilizando un pigmento verde elaborado mezclando estos dos minerales (Anexo, pp. 433 Estos resultados evidencian de esta forma el uso de dos minerales para generar el pigmento verde en este conjunto, algo poco usual en el contexto teotihuacano. Se volverá a esta cuestión en el siguiente capítulo

Finalmente, junto a estos dos carbonatos de cobre se ha caracterizado calcita en la composición de la matriz verdosa y algunos de los agregados como es el caso de las partículas cristalinas traslúcidas, identificadas como cuarzo a partir de las bandas en 142 cm^{-1} , 468 cm^{-1} , el caso de las partículas amarillas, como goethita, además de identificar de nuevo anatasa, tal y como ocurre en Amanalco (Figura77).

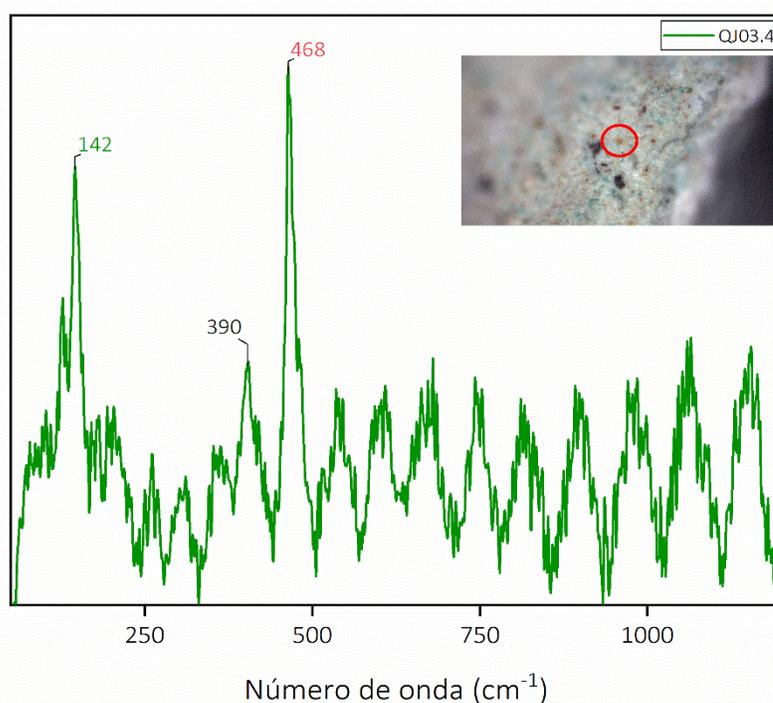


Figura 76. Espectro Raman donde se combinan las bandas de anatasa (verde), goethita (negro) y cuarzo (rojo).

Azul

Este color solo ha sido documentado en dos de los fragmentos de pintura mural de este conjunto (QJ14 y QJ20), siendo notoria la escasa presencia de este color para esta fase de ocupación del conjunto dada la profusión vista para la etapa Xolalpan, donde los Jaguares reticulados en azul y los detalles en este color abundan.

La primera revisión del pigmento azul de este conjunto remite enseguida al pigmento Azul Tipo 2 definido en Amanalco. Y como en aquel, a pesar de lo poco claro del color de este pigmento, en todos los reportes de excavación es denominado como azul oscuro, por eso y por el momento, le seguiremos dando la nomenclatura azul, algo que se cuestionará en el siguiente capítulo de discusión. Así pues, el color tan característico, la finura de grano de la matriz y la ausencia notoria de agregados en la matriz del pigmento son características observadas y definidas en el pigmento usado en el Conjunto Amanalco unos 150 años después aproximadamente (Figura 78).

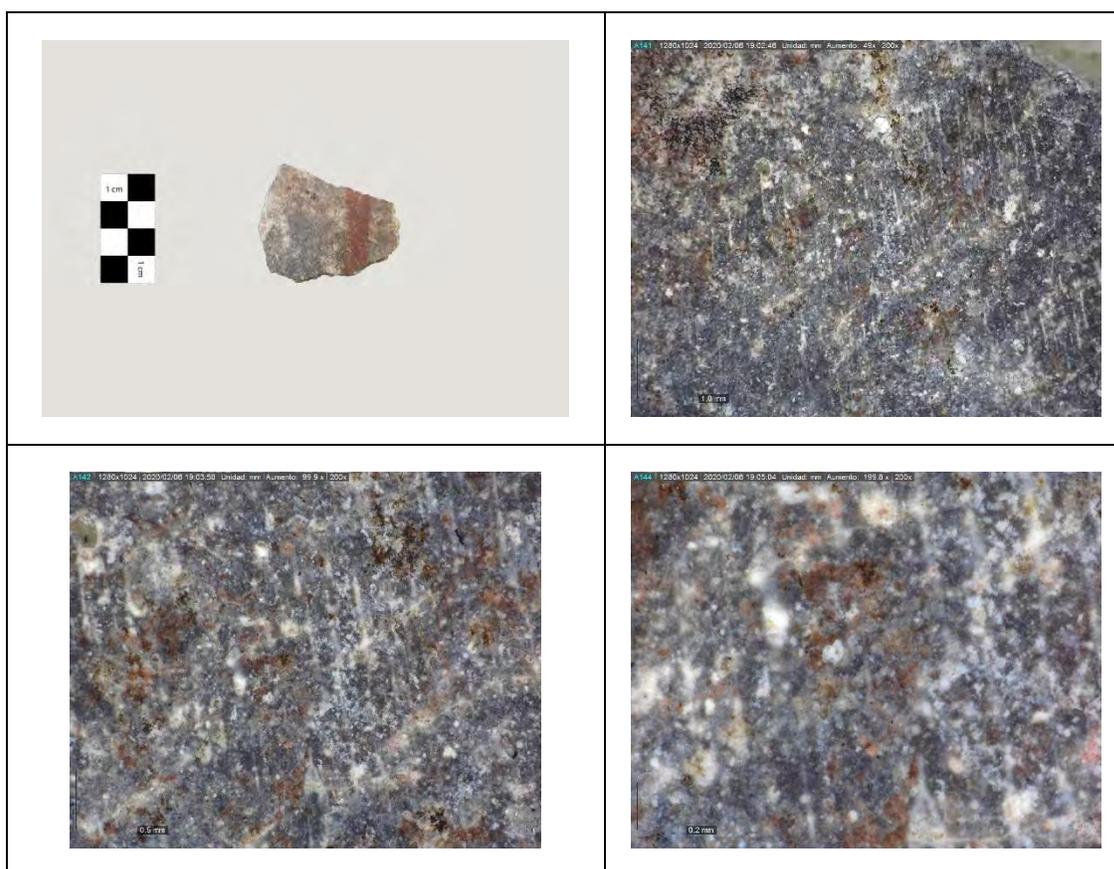


Figura 77. Fotografía e imágenes a distintos aumentos del Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares. Fotografía tomada por Isaac Rangel Chávez.

La revisión bajo microscopio de este pigmento no hace más que reforzar el vínculo con el pigmento Azul Tipo 2 de Amanalco. El pequeño tamaño de las partículas que conforman el pigmento se observa más nítidamente con las imágenes de electrones secundarios obtenidas con SEM, donde además de observar el tamaño de las partículas se

percibe una regularidad en el tamaño de éstas, algo que no sucede con el pigmento rojo de este mismo fragmento (Anexo, pp. 507-509).

Este pigmento azul grisáceo está conformado por una matriz compuesta por partículas negras con matices azulados combinada con partículas blancas. Esta combinación de materiales es lo que genera la percepción azul grisácea de este color. Este color se encuentra aplicado en una capa pictórica fina superpuesta sobre una posible capa roja.

Las mediciones colorimétricas de este pigmento son muy similares de nuevo al Azul 2 de Amanalco, con unos altos valores de luminosidad ($L^* = 76.80$) y una saturación débil ($C^* = 10$) y una localización en el diagrama cromático similar. El espectro de reflectancia de este pigmento posee los mismos rasgos que los vistos para el Azul Tipo 2 de Amanalco (Anexo, p.502).

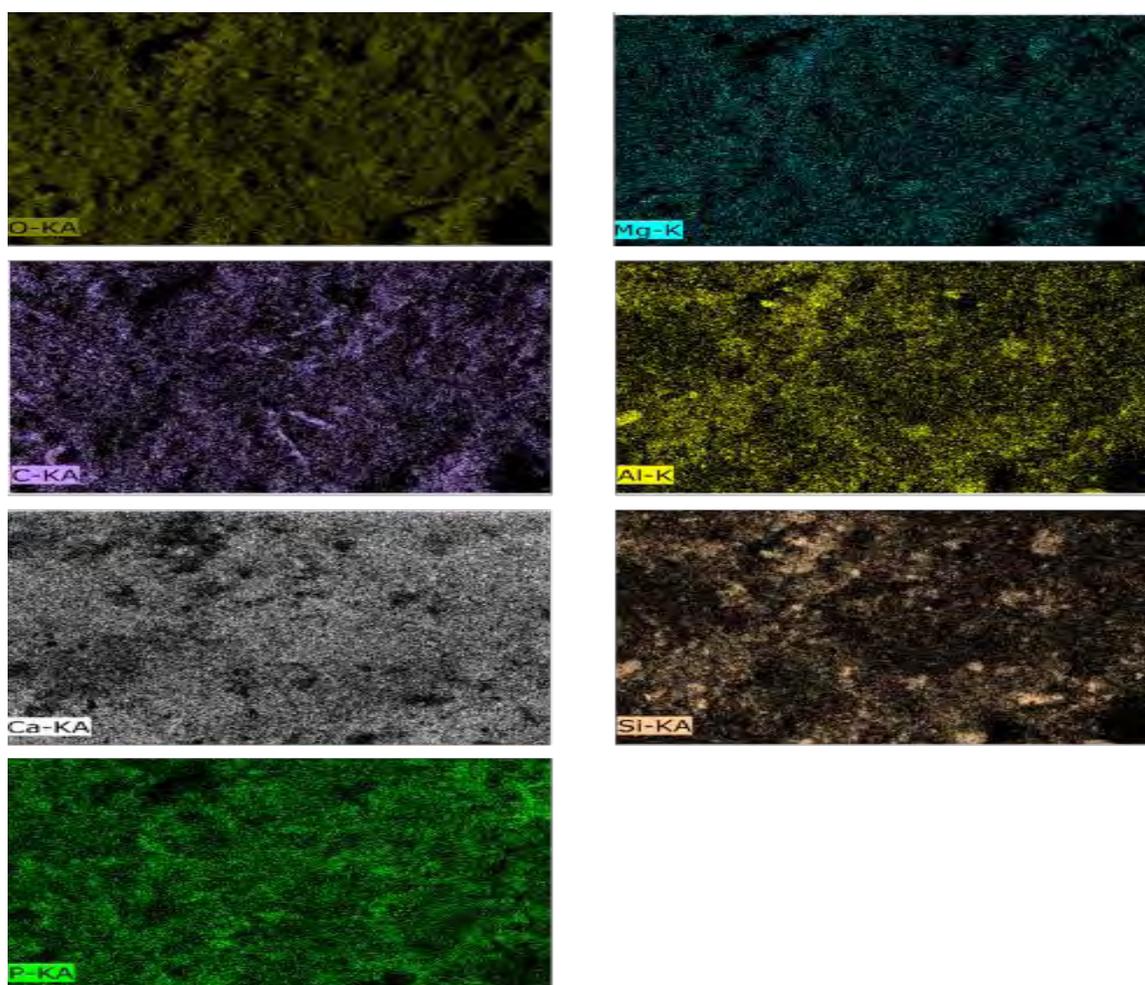


Figura 78. Imágenes del mapeo elemental llevado a cabo con SEM-EDS sobre la muestra de Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares. Imágenes tomadas por Jaqueline Cañetas Ortega.

A partir del procesamiento de los datos de la XRF se observa que únicamente es posible asignar al pigmento la presencia de Ca y Sr, ya que el resto de los elementos identificados pertenecen al enlucido sobre el que se encuentra la capa pictórica. Estos pigmentos no sorprenden después de lo observado en Amanalco y no hacen más que reforzar el vínculo tecnológico entre este pigmento azul grisáceo y el de Amanalco. Los análisis elementales de este pigmento se ampliaron mediante SEM-EDS y los resultados obtenidos complementan lo visto en XRF, teniendo al Ca y al C como elementos químicos principales, seguido de Si, P y Al (Figura 79).

Es con los resultados de la espectroscopía μ Raman cuando se revelan los componentes de este pigmento, ya que con los resultados de espectroscopía infrarroja solo se han registrado bandas características de arcilla caolinita y calcita (Anexo, p. 503). Así, este pigmento azul grisáceo se compone, al igual que ocurre en el conjunto de Amanalco de una mezcla entre carbón y calcita. Sin embargo, en este conjunto este inusual pigmento posee fósforo en su composición como se desprende de los resultados de SEM-EDS, por lo que es posible plantear el posible uso de negro de hueso para elaborar el pigmento Azul Tipo 2 para época de Tlamimilolpa tardío-Xolalpan temprano (300-450 d.n.e.). La explicación a la ausencia de la banda asociada a los fosfatos en el espectro Raman en 960 cm^{-1} , indicador generalmente usado de este pigmento de origen óseo, pueden no aparecer. Este hecho junto a la posición de las bandas G (1360 cm^{-1}) y D (1592 cm^{-1}) en el espectro Raman características del negro de hueso, junto a la identificación de negro de hueso en otros conjuntos como Amanalco, apoyan la hipótesis del uso de este material (Figura 80) (Gatta et al. 2012; Tomasini et al. 2012; 2015).

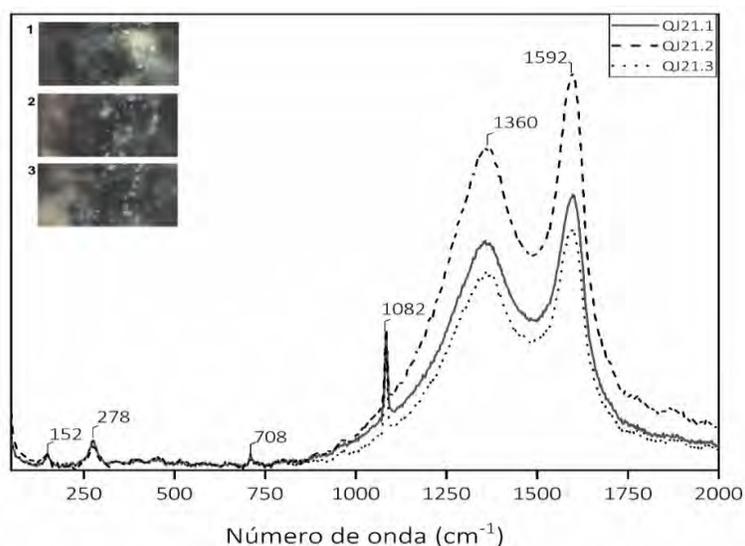


Figura 79. Espectro Raman del pigmento Azul Tipo 2 del Conjunto Plaza de los Jaguares.

Negro

El color negro se encuentra como en el resto de los conjuntos infrarrepresentados, localizándolo tan solo en tres de las muestras de pintura mural del Conjunto Patio de los Jaguares (QJ02, QJ14 y QJ21) (Figura 81). En dos de los fragmentos con presencia de color negro, éste se encuentra dispuesto directamente sobre la capa de enlucido, mientras que en la muestra QJ21 el pigmento negro aparece dispuesto sobre la superficie pictórica de color azul grisáceo. Mientras que en las muestras QJ02 y QJ14 el color parece aplicado como parte del diseño pictórico para cubrir un área más o menos grande, las características de la evidencia de color negro en QJ21 permiten pensar en la hipótesis de que se trate de una línea de contorno desgastada o a algún tipo de trazo.

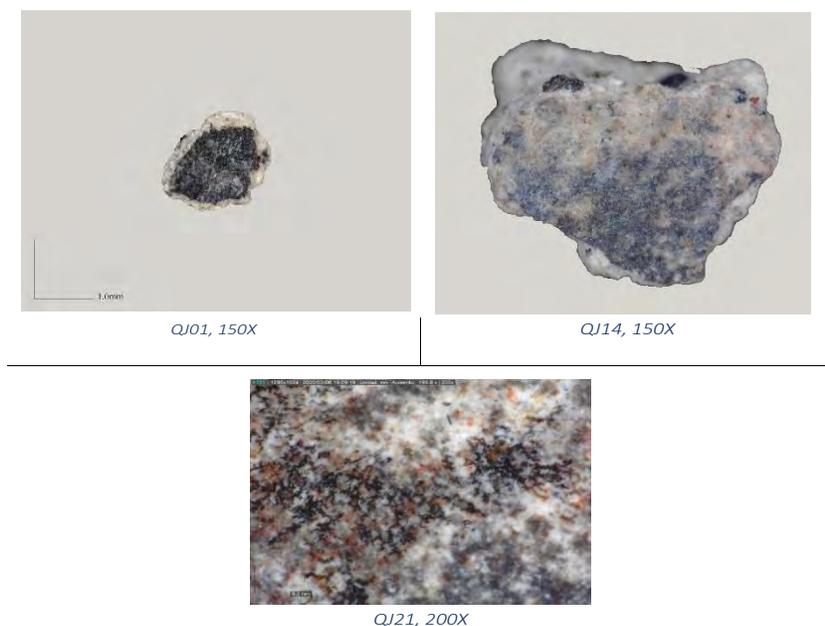


Figura 80. Imágenes a distintas magnificaciones de los pigmentos negros del Conjunto Plaza de los Jaguares.

En lo que refiere a la textura y composición del pigmento del color negro se ha observado que se conforma por una matriz de grano muy fino y homogénea. La matriz negra de las muestras QJ02 y QJ14 presenta la particularidad de presentar iridiscencias cuando incide la luz del microscopio en diversos ángulos sobre la superficie pictórica. Esta característica no se da en la evidencia de color negro de la muestra QJ21 lo que permite pensar en dos tipos de negro diferentes.

Los resultados de XRF (Figura 82), muestran que las tres muestras de pigmento negro tienen un aporte de manganeso, sobre todo QJ21 y QJ14, siendo inferior para QJ02, donde el elemento con intensidad notoria es el aluminio, seguido con valores similares de intensidad de Rayos X de Si, Mn, Cu y Ni, resultados que estarían asociados a la matriz del pigmento y no tanto con su color. Mientras tanto, los pigmentos color negro de QJ21 y QJ14 estarían elaborados principalmente a partir de compuestos de manganeso, algo ampliamente reportado para los pigmentos negros de la Segunda Fase Técnica en el período Tlamimilolpa (250-350 d.n.e.) (Magaloni, 1996:212).

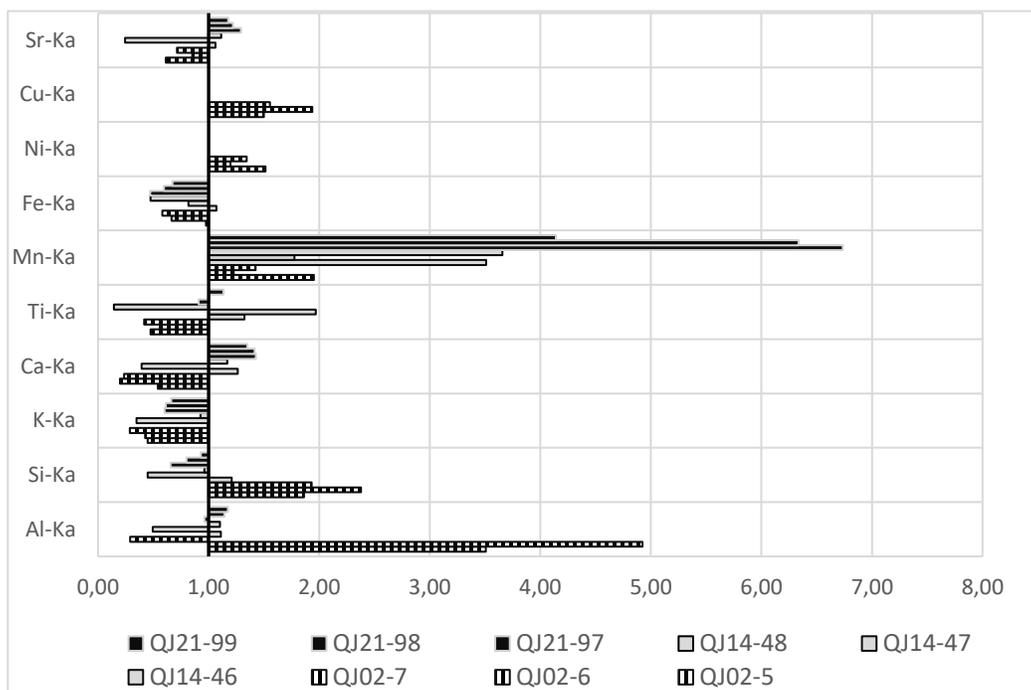


Figura 81. Caracterización elemental de los pigmentos negros del Conjunto Plaza de los Jaguares.

La caracterización de estos tres pigmentos culmina con la espectroscopía μ Raman, donde se han identificado carbón y calcita para las muestras de pigmento negro QJ02 y QJ14 y un compuesto de manganeso sin identificar para la elaboración del trazo negro de QJ21. La identificación de carbón y calcita de nuevo para la elaboración de matices negros y grises conecta la tecnología de este color con la del azul grisáceo comentado en la sección anterior, lo que aporta información sobre la experimentación y los procesos de producción de

pigmentos mediante cambios en las proporciones en las materias primas de esta gama cromática tan particular. Los datos obtenidos permiten plantear la simbiosis entre la tecnología de los pigmentos negros y Azul Tipo 2, con la principal diferencia que se estarían añadiendo materias primas de manganeso a los pigmentos negros para generar el color final deseado.

Así pues, aunando todos los resultados obtenidos podemos plantear que los pigmentos negros del Conjunto Plaza de los Jaguares poseen dos formulaciones distintas, una donde predomina la presencia de carbón con trazas de algún compuesto de manganeso por identificar para generar el color negro al pigmento que posteriormente es usado para cubrir zonas más o menos amplias del muro y otra formulación elaborada únicamente con compuestos de manganeso para realizar trazos, dibujos o delineados. Sin embargo, la escasa evidencia de este pigmento de manganeso en el corpus de estudio obliga a tener cautela respecto al uso o presencia de este pigmento, por lo que será necesario ampliar la muestra de estudio y realizar futuros análisis para terminar de resolver esta cuestión.

Tlajinga

El rojo y sus variaciones cromáticas

La gama de rojos de Tlajinga exhibe de nuevo la riqueza vista en conjuntos anteriores (Figura 83). A partir de las dos estructuras arquitectónicas sobre las que se encontró pintura mural, se observa el juego de matices y tonos que consiguen los artesanos de Tlajinga a partir del color insignia de Teotihuacan, el rojo.

En este conjunto vemos de nuevo la maestría de los artesanos en el uso de lo que Magaloni definió como “técnica de contrastes sutiles” con las variaciones tonales que la caracterizan, el rojo teotihuacano, el rosa claro y el rosa medio. Sin embargo, las mediciones colorimétricas realizadas han revelado que estos “contrastos” no se deben únicamente a la modificación de la luminosidad/tono de los pigmentos (L^*), sino que también entra en juego la saturación (C^*) de estos. La Estructura 4 de Tlajinga resulta un conjunto donde este juego de contrastes sutiles se muestra en toda su expresión.

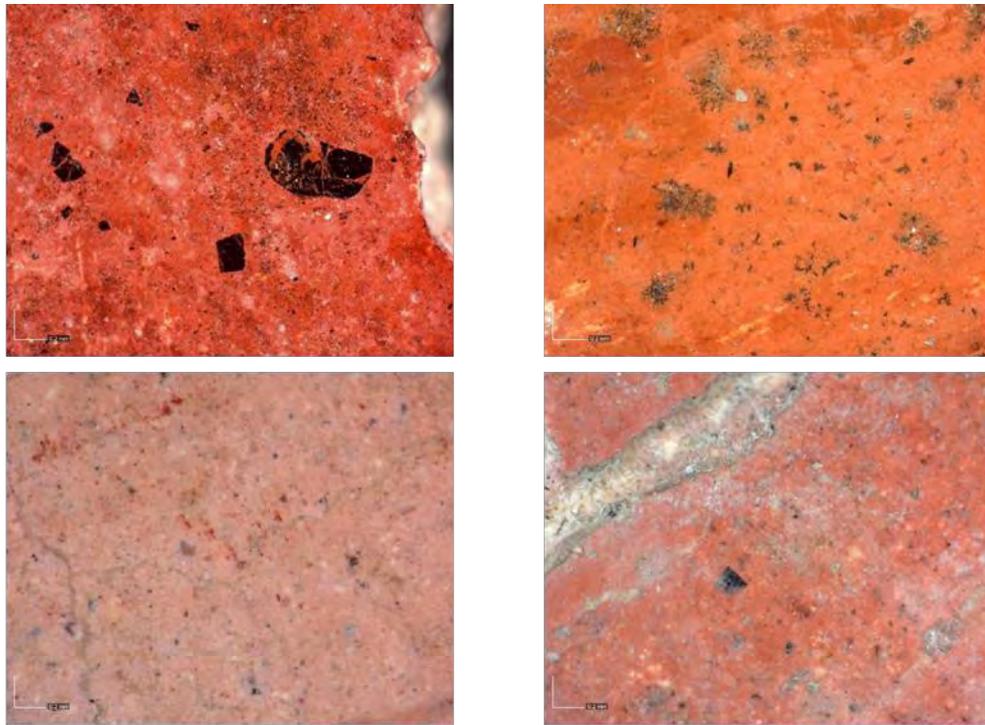


Figura 82. Gama cromática del rojo con un aumento de 150X. Arriba dcha. Rojo guinda, Arriba izq. rojo anaranjado, abajo dcha. rosa claro y abajo izq. rosa medio.

Por un lado, en Tlajinga el rojo teotihuacano posee una luminosidad y una saturación media ($L^*=35-56$ y $C^*=25-45$). Por el otro lado las dos versiones de rosa, el rosa claro y el rosa medio, tienen una luminosidad clara ($L^*=56-75$, variando en cuanto a su saturación. Mientras que en el rosa claro es débil ($C^*=7-25$), en el rosa medio, en efecto, posee una saturación media ($C^*=25-45$) (Figura 84) (Tabla 13).



Figura 83. Fragmento (PATT10) de pintura mural donde se observan las tres variaciones del rojo citadas en el cuerpo del texto.

Tabla 13. Valores CIE L*C* de la gama de rojos de Tlajinga.

Color	Luminosidad (L*)	Saturación (C*)
Rojo teotihuacano	35-56	25-45
Rosa medio	56-75	25-45
Rosa claro	56-75	7-25

Ahora bien, en Tlajinga aparece de nuevo, como ocurre en Amanalco y a diferencia del Conjunto Plaza de los Jaguares, la variación del rojo que tiende al matiz anaranjado. Como se observa en el diagrama cromático (PATT6-2, PATT7-2 y PATT8-2) este color tiene un aporte similar de rojo que el rojo teotihuacano, siendo mayor la aportación de amarillo la que genera este matiz anaranjado (Figura 85). Esta variación se observa también en la luminosidad y saturación del pigmento, ya que es un pigmento claro ($L^*=56-75$) de saturación media ($C^*=25-45$), siendo por lo tanto un color más claro que el rojo teotihuacano (Figura 86).

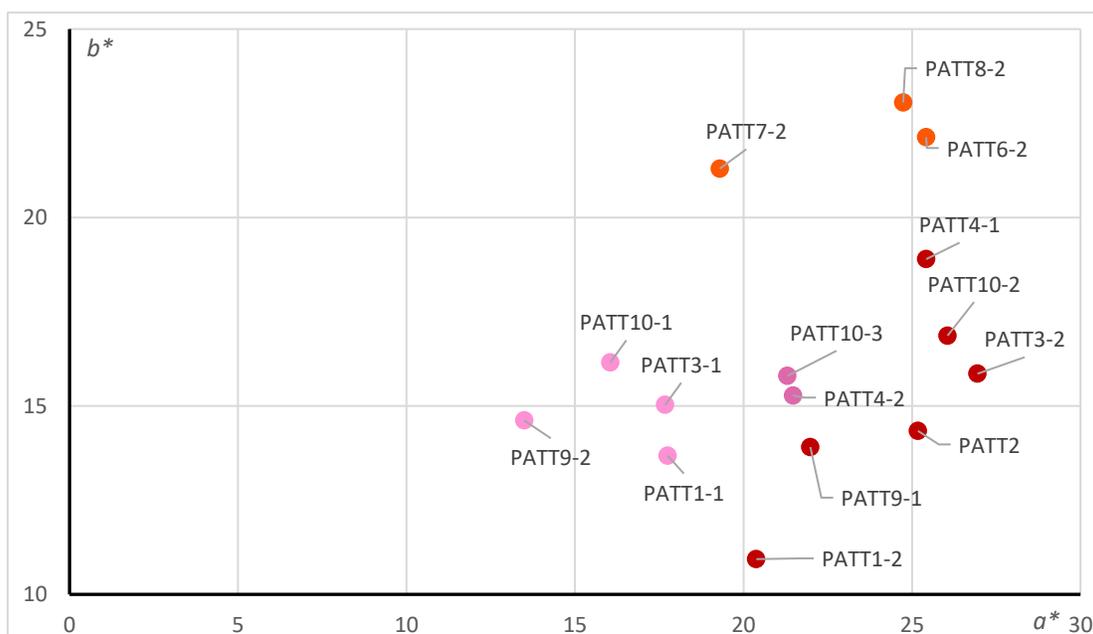


Figura 84. Diagrama cromático de la gama cromática del rojo. Nótese la variación entre los rojos teotihuacanos (puntos rojo oscuro) y el rojo de matiz anaranjado (puntos naranjas).

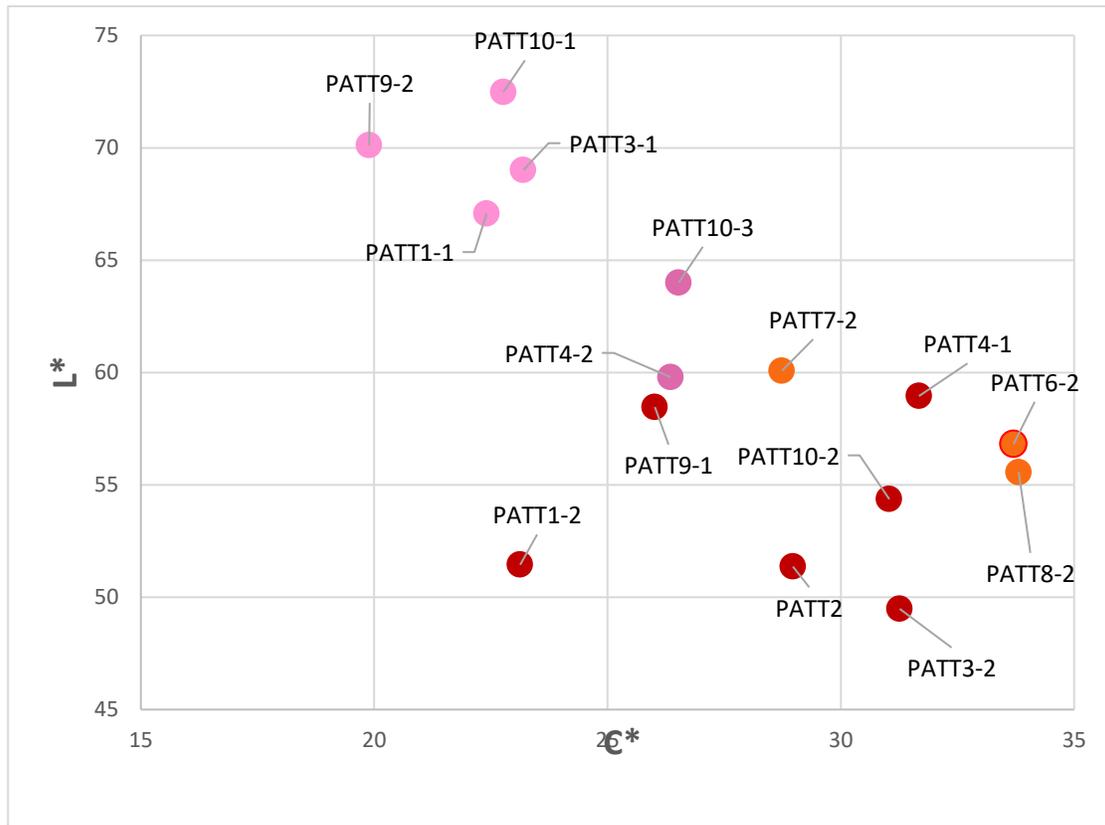


Figura 85. Diagrama donde se compara la luminosidad (L*) vs saturación (C*). El color de los puntos corresponde a los colores exhibidos en la estructura 4 de Tlajinga, a saber, rosa claro, rosa medio, rojo teotihuacano y anaranjado.

Así pues, vemos que en este juego de variaciones, los artesanos del color de Tlajinga, y por ende de Teotihuacan, consiguen, a través de sutiles variaciones en el tono y en la saturación de los pigmentos, enriquecer la paleta pictórica, desarrollando variaciones cromáticas a partir de un color base, algo que se observa, aunque en menor cantidad en otras gamas cromáticas como el amarillo, el verde o el azul como se ha venido argumentando en las secciones anteriores.

Estas diferencias colorimétricas son observables también bajo el microscópico, donde también se advierten diferencias entre ambos pigmentos. El rojo teotihuacano, así como los dos pigmentos rosas poseen las características típicas de estos pigmentos y que se han descrito para los dos conjuntos anteriores. Poseen una matriz densa y compacta con

agregados laminares negros brillantes para el rojo de tamaño variado (30 μm a las 220 μm de longitud máxima) (Figura 87)

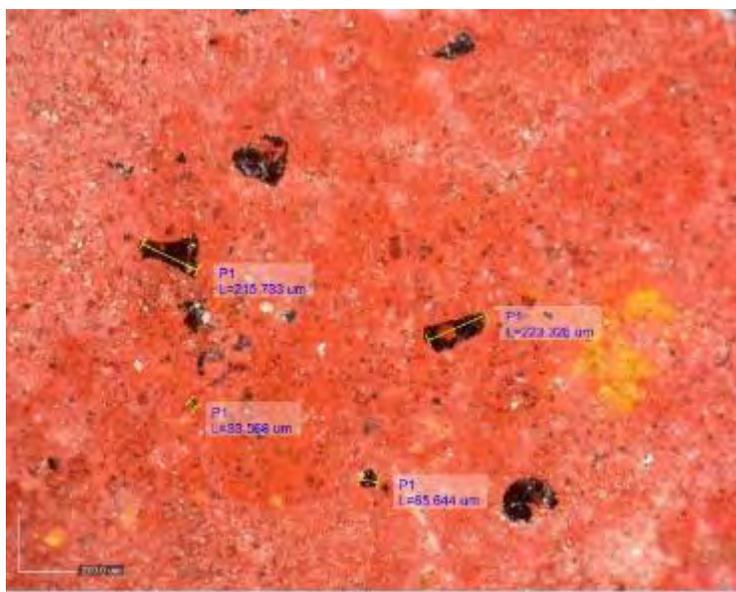


Figura 86. Imagen a 200X de la superficie pictórica de un pigmento rojo teotihuacano de Tlajinga. Nótese la variedad de tamaños, formas de las partículas negras laminares.

Junto a estos agregados el pigmento rojo, así como los dos rosas en menor medida, poseen cúmulos de partículas de color amarillo y anaranjado repartidas por toda la matriz. Esto es característico cuando son tierras naturales las que se usan como materia prima, ya que pueden tener impurezas que produzcan esos colores diversos (Figura 87).

Por su lado, los pigmentos rosas poseen una matriz compacta que amalgama agregados traslúcidos cristalinos de varias morfologías y tamaños, así como partículas de color rojo y pardo-rojizas. La mayor diferencia entre el rojo teotihuacano y éstos es la casi total ausencia de las partículas laminares negras iridiscentes en los rosas (Anexo, pp. 529-568). Estas partículas sólo se encuentran en los rojos teotihuacanos y son las responsables de los típicos brillos e iridiscencias de la pintura mural teotihuacana.

Fuera de lo visto en el rojo y los rosas, el rojo de matiz anaranjado posee una consistencia notoriamente menos compacta que el resto de pigmento de esta gama cromática. La matriz de este pigmento es de grano muy fino, y no posee apenas agregados en ninguno de los tres fragmentos con restos de este color. Tan solo se aprecian partículas negras (ca. 45-100 μm) opacas de morfología elongada y trapezoidal dispersas por la matriz (Figura 88). Es notoria la ausencia de agregados y/o cúmulos de color amarillo o rojo más intenso, algo que se observa en el resto de los pigmentos de la gama roja, no solo de este conjunto sino de los otros dos estudiados. Es por tanto un pigmento de matriz homogénea, tanto en componentes como en color, si lo comparamos con el resto de las formulaciones observadas, donde se observa por regla general cúmulos de colores diversos, así como agregados de distintos tipos.

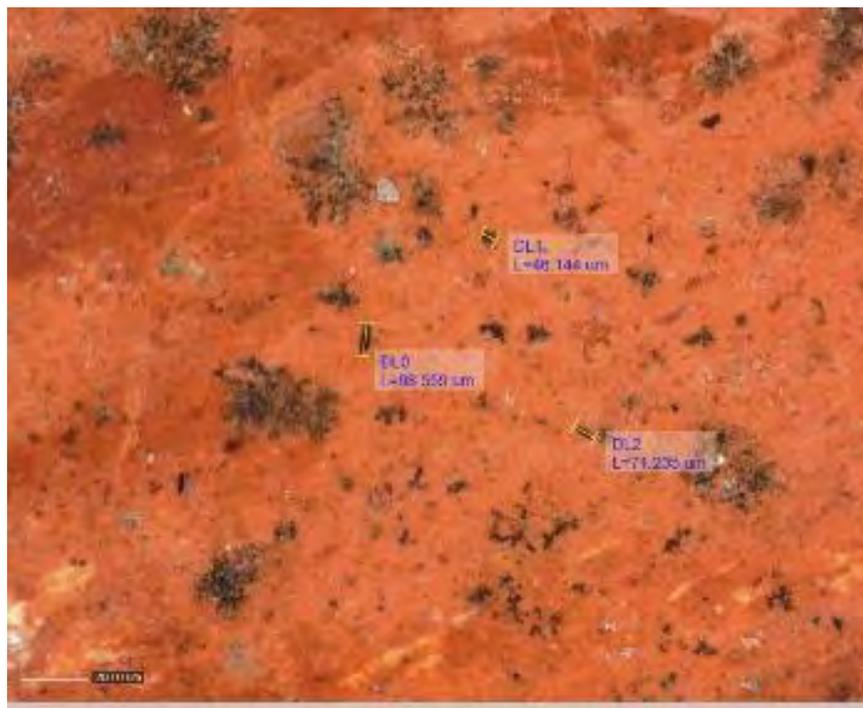


Figura 87. Imagen a 150X de la superficie pictórica del pigmento rojo anaranjado de Tlajinga. Nótese la ausencia de los agregados laminares negros y la ausencia general de agregados.

Junto a la información acerca de la textura y composición de los pigmentos de la gama cromática roja, la microscopía digital ha permitido observar cómo dispusieron los pintores teotihuacanos las capas de pigmento (Figura 89).

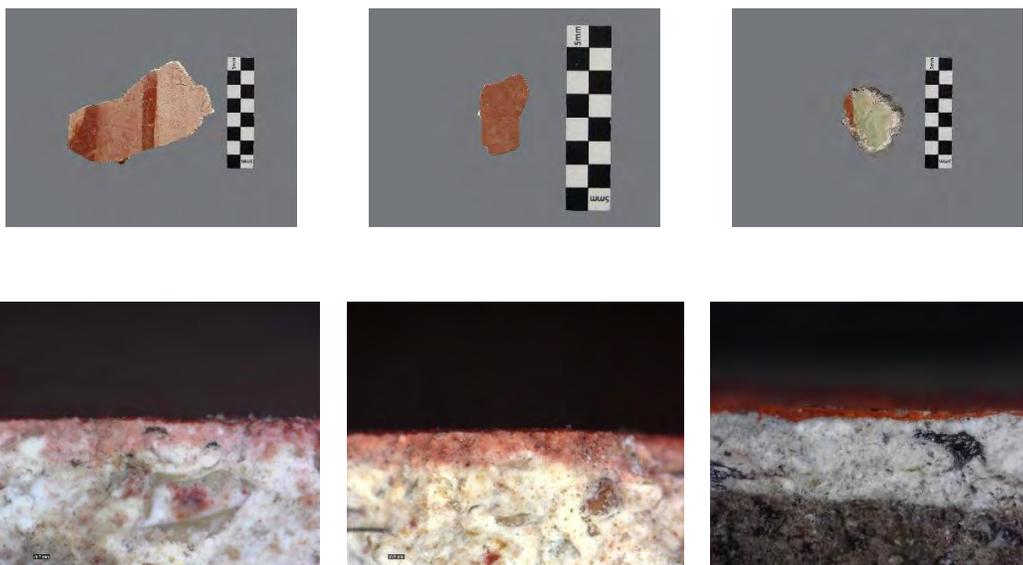


Figura 88. Imágenes a 50X donde se observa la técnica de aplicación de las capas de pigmento en Tlajinga.



Figura 89. Imagen a 50X de la muestra PATT10 donde se observa la superposición pictórica rosa/rojo.

En el caso concreto de la muestra PATT10 se observa una superposición de tres capas pictóricas comenzando con la capa sobre el enlucido del rosa claro (capa pictórica 2) de unos 110 μm aproximadamente, sobre ésta una capa de pigmento rosa medio con un ancho variable que va desde las 110 a las 70 μm (Capa pictórica 3) y por último la capa rojo guinda notoriamente más delgada, de unas 30 μm (capa pictórica 4) (Figura 90). Estas superposiciones brindan información acerca del orden en el que se aplicaron las capas a la hora de elaborar el mural: primero el fondo, mediante una capa gruesa de pigmento rosa claro que cubriría todo el mural, después una capa algo más fina de rosa medio para elaborar las bandas y elementos principales del mural y sobre esta, a modo de línea de contorno, de separación o para delinear detalles, la banda más estrecha y más fina del intenso rojo teotihuacano.

Figura 90. Espectros de reflectancia de los pigmentos rojo teotihuacano y rojo anaranjado de Tlajinga.

Estas diferencias a nivel de composición y textura entre el rojo teotihuacano y este rojo anaranjado también se reflejan tanto en el diagrama cromático como en los espectros de reflectancia. Estos últimos revelan una menor reflectancia en el área del rojo (ca. 618-780 nm) para los tres espectros correspondientes al rojo anaranjado. Estos tres espectros además poseen dos máximos de reflectancia, uno en torno a 600 nm y otro en torno a 750 nm. Estos dos máximos de reflectancia, uno correspondiente a la sección amarilla del

espectro visible y el otro al rojo, explicarían el matiz anaranjado de este pigmento (Figura 91). Por su lado, tanto el pigmento rojo teotihuacano como los rosas poseen unos espectros de reflectancia típicos de los óxidos de hierro, con un punto de inflexión en torno a 570 nm, un máximo de reflectancia en torno a 750 nm y una gran banda de absorción en torno a los 850 nm (Aceto et al. 2014; Casanova González et al. 2020) (Anexo, pp. 530, 538, 540, 563, 566).

Junto a los espectros en el rango del espectro visible y del infrarrojo cercano (400-1000nm) que proporciona la técnica de FORS, los datos obtenidos para el rango del infrarrojo cercano de onda corta (1000-2500 nm) ha permitido obtener información reveladora sobre la tecnología de estos pigmentos y de la técnica pictórica para la elaboración de los murales no solo para los pigmentos de la gama roja sino también en el pigmento verde.

La interpretación de los espectros de reflectancia en esta región ha permitido identificar la presencia de carbonato de calcio por sus bandas alrededor de 1930 nm y en 2330-2340 nm en las muestras, así como la presencia de la arcilla montmorillonita, a través de la banda en 2212 nm asociada a la absorción de los enlaces ALOH, algo que concuerda con los resultados de espectroscopía infrarroja como se verá más adelante (Delaney et al. 2017; Fang et al. 2018) (Anexo, pp. 529-568).

A pesar de este interesante descubrimiento sobre la arcilla utilizada por los productores de pigmentos en Tlajinga, sin duda el dato más relevante y novedoso es la presencia de bandas, observadas en gran parte de los espectros de reflectancia obtenidos en este conjunto, asociadas a posibles materiales orgánicos presentes en la formulación del pigmento (Anexo, pp. 529-568). Sirva para ejemplificar y argumentar lo anterior el caso de la muestra de pigmento rojo anaranjado de Tlajinga, donde las bandas asociadas a materiales orgánicos son más evidentes (Figura 92).

Para la caracterización de los materiales orgánicos utilizados aglutinantes, como los lípidos, los carbohidratos y los materiales proteínicos, se suelen utilizar las bandas espectrales del infrarrojo medio relacionadas con las transiciones vibracionales fundamentales. Sin embargo, mediante los sobretonos asociados y las bandas combinadas

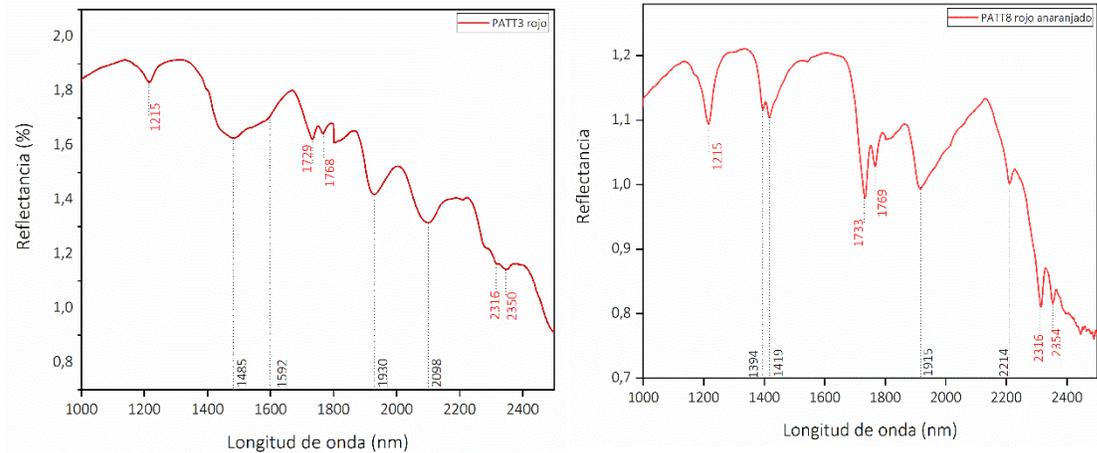


Figura 91. Espectro FORS en la región del IRCC donde se observan (en rojo) las bandas asociadas a metilenos.

en el infrarrojo entre 1600 y 2400 nm se han utilizado con éxito para identificar materiales orgánicos. Para los aglutinantes ricos en lípidos, las absorciones de diagnósticas incluyen una banda combinada de estiramiento y flexión asimétrica/simétrica de los grupos metilenos (C-H₂) con una doble banda característica, la primera entre 2300 Y 2312 nm, dependiendo del tipo de lípido (aceite secante, yema de huevo o cera), y la segunda en torno a 2346 nm. Junto a esta banda doble, los grupos de metilenos muestran un primer sobretono de estiramiento del enlace C-H₂ que se produce como otra banda doble cerca de 1723 y 1755 nm (Delaney et al. 2014; 2017; Dooley et al. 2013; Radpour et al. 2022; Ricciardi et al. 2012).

Especificado lo anterior y como se puede ver en la Figura 92, las bandas en las regiones asociadas a los grupos metilenos son claras y evidentes en 1215, 1733, 1769, 2316 y 2354 nm. Como se ha dicho, la presencia de estas bandas se repite en el resto de las muestras analizadas de este conjunto, tanto en el rojo, en el rojo anaranjado, en los rosas y el verde (muy débil en este último pigmento). La posición específica de las bandas que se dan entre alrededor de 2311 y 2312 asociadas a la combinación de las vibraciones de estiramiento y flexión de los enlaces C-H, sugieren la presencia de cera, al contrario de la posición cuando es un aceite secante (2302 a 2304 nm) o cuando es yema de huevo (2307 a 2309 nm) (Delaney et al. 2017; Dooley et al. 2013).

Con todo lo anterior, las evidencias obtenidas mediante esta técnica permiten argumentar y plantear el uso de cera de abeja para elaborar los pigmentos de Tlajinga. La presencia de esta materia prima en la pintura mural de este conjunto pudo ser corroborada mediante mapeos con espectroscopía infrarroja (Figura 93), donde se hallaron, de manera débil pero distribuida por la superficie pictórica, las dos bandas principales asociadas a ceras en torno 2854 y 2923 cm^{-1} y el conjunto de bandas presentes entre 1463 y 1700 cm^{-1} (Hayes, Vahur, y Leito 2014; Gehad, Aly, y Marey 2015; Kühn 1960; Westlake et al. 2012).

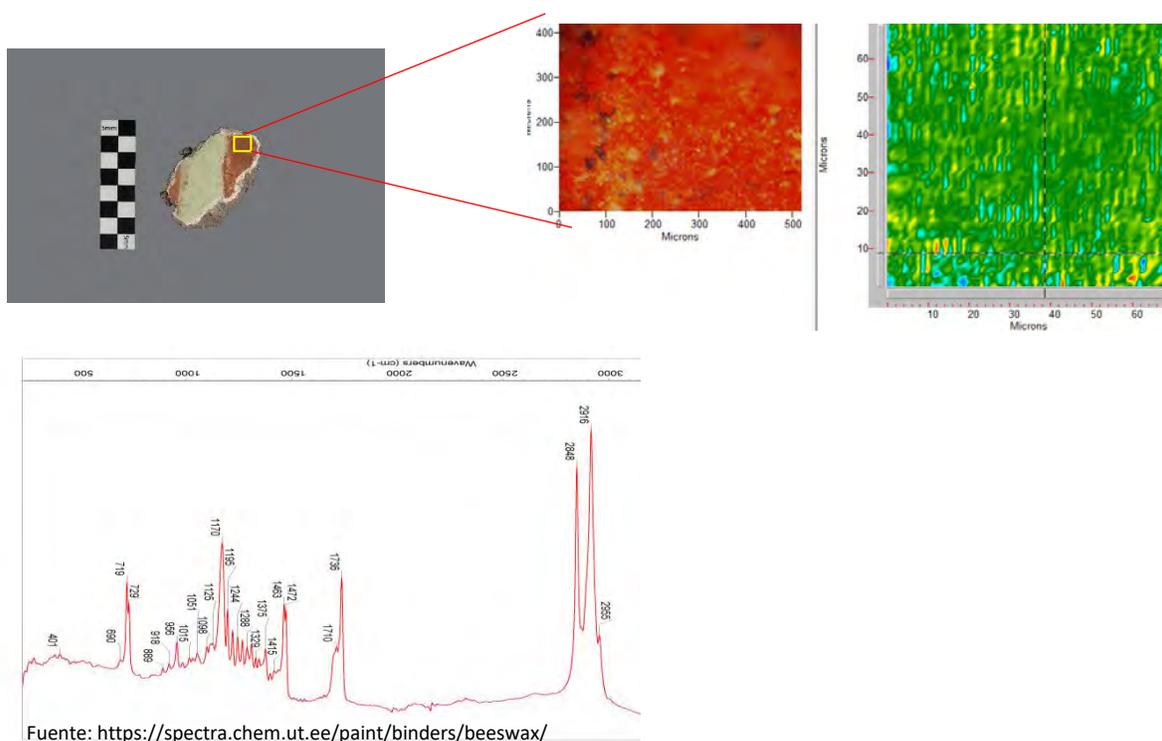


Figura 92. Resultados del análisis de microinfrarrojo. Arriba: área de análisis. Abjo. izq. ref. de cera de abeja. Abjo. dcha: espectro (PATT8) con presencia de bandas asociadas a cera de abeja.

Estos datos resultan totalmente novedosos en el contexto de la pintura mural teotihuacana, ya que hasta el momento no se había identificado la cera como un material usado en la pintura mural teotihuacana. Junto a esto, la presencia de este material en los fragmentos de pintura mural de Tlajinga habla de una técnica pictórica nueva en el ámbito teotihuacano y del Clásico en Mesoamérica, una variación *sui generis* de la encáustica, es decir, la técnica de aglutinar los pigmentos con cera de abeja previamente calentada y así aplicar posteriormente el pigmento aglutinado al muro seco o humedecido. Volveremos a esta cuestión en el siguiente capítulo.

Tras este breve y novedoso inciso sobre aglutinantes y técnica pictórica, y volviendo de esta forma a la definición de la tecnología del color de Tlajinga, los resultados con fluorescencia de Rayos X acentúan las diferencias observadas entre el color rojo teotihuacano y el rojo anarajando. Las variaciones en matiz y tono responden a variaciones en las materias primas usadas así como en su cantidad tal y como permiten afirmar los resultados de esta técnica y que se muestran a continuación.

Los resultados de la XRF permiten pensar en el uso de materias primas diferentes para elaborar el rojo teotihuacano y sus derivados rosas por un lado y el rojo anaranjado por otro. Tal y como se observa en la Figura 94 el rojo teotihuacano y el rosa poseen la composición elemental vista en el los otros conjuntos, Fe, Ca, K, Si, Mn, Ti, Al Sr, con variaciones en la intensidad de Fe, Ca y Sr, en función de si el pigmento es rosa claro, rosa medio o rojo, tal y como vemos en la Figura 94, donde en el único pigmento donde el Ca está contribuyendo al pigmento es en el pigmento rosa claro, tal y como se podría esperar.

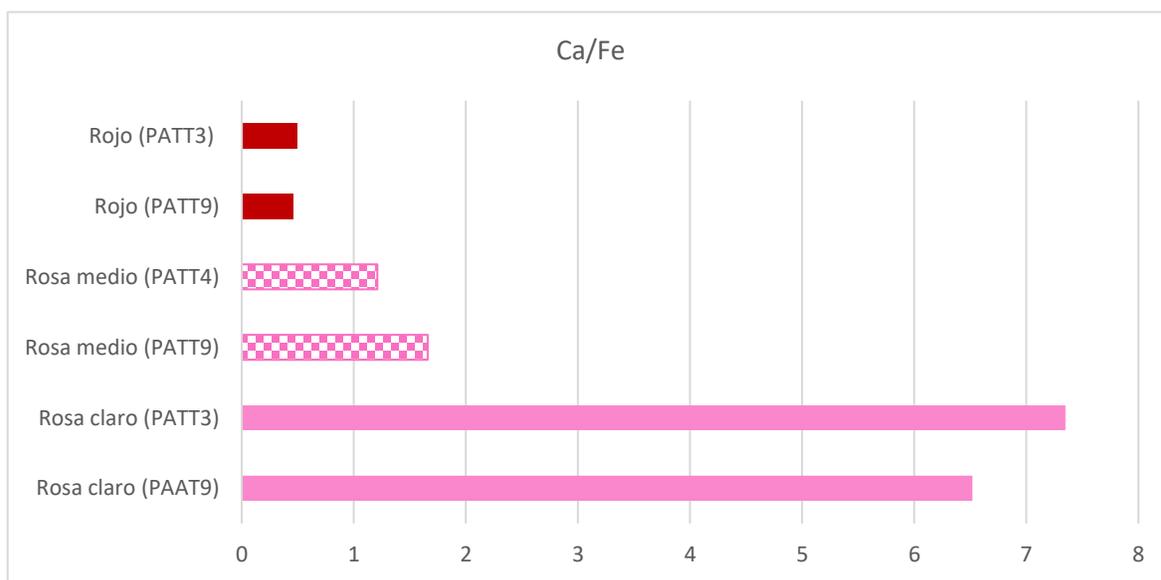


Figura 93. Relación Ca/Fe en la gama roja de Tlajinga

Esta correlación entre el tono del pigmento y la variación Ca/Fe (Figura 94), se da tanto en los tres pigmentos comparados en todos los conjuntos analizados y nos permite observar, a través de los datos, las variaciones hechas por los artesanos del color para conseguir las degradaciones tonales deseadas. Esta variabilidad en la proporción entre Fe y Ca la podemos observar también en el aporte de estroncio (Sr), un elemento químico

asociado a la presencia de carbonatos de calcio. En la Figura 95 se observa como los mayores aportes de Sr se dan precisamente en el pigmento rosa claro, seguido del rosa medio y finalmente del rojo teotihuacano. Sin embargo, a pesar de la tendencia de los datos, hay que ser cauteloso puesto que también entra en juego el grosor de las capas pictóricas.

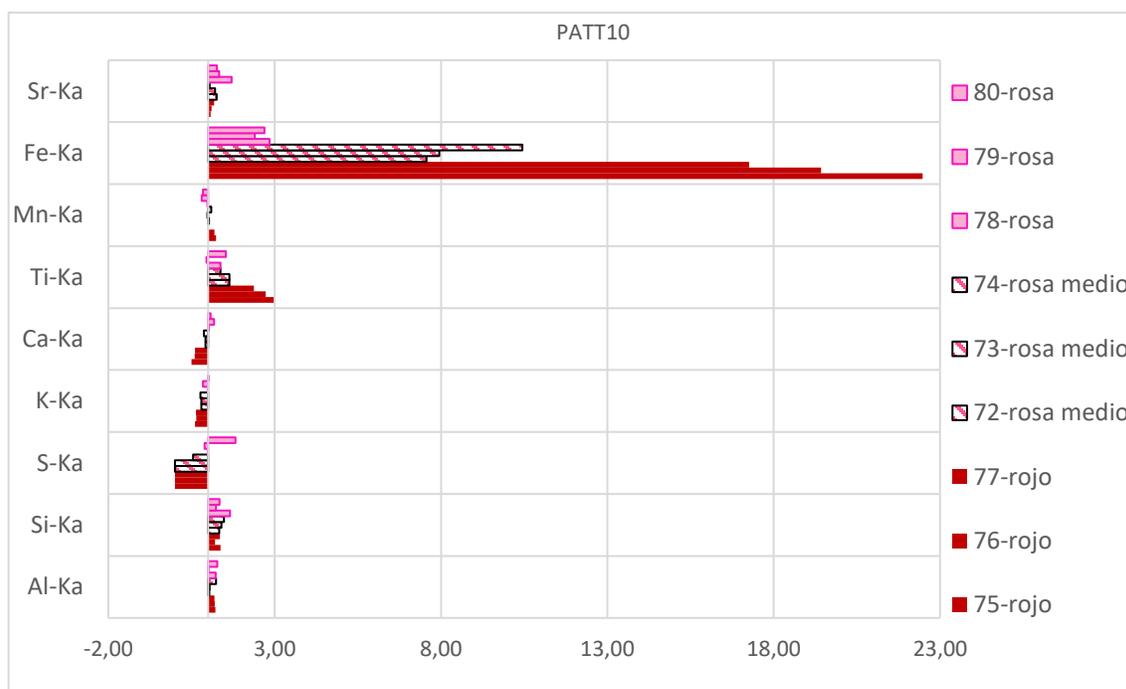


Figura 94. Resultados XRF de PATT10. Nótese la correlación entre el aumento/disminución de Fe respecto al Ca.

Por su parte, el rojo anaranjado presenta en todos los casos una notable aportación de titanio, notoriamente superior a lo visto en el pigmento rojo o en ambos rosas tanto en este contexto como en los otros dos analizados. Como se puede observar en la Figura 96, la composición elemental es muy similar al resto de pigmentos de esta gama siendo la principal diferencia esta mayor aportación de Ti respecto a los otros colores. Por otro lado, la alta aportación de Cu en el punto 41-PATT6 del pigmento rojo anaranjado se explica porque el punto de análisis se encuentra en la zona liminar entre este pigmento y el verde, y puede haber una superposición del pigmento rojo anaranjado sobre el pigmento verde elaborado con una materia prima a base de cobre como se verá en la sección correspondiente.

A la vista de los resultados elementales obtenidos es plausible pensar en la utilización de tierras naturales para la elaboración de los pigmentos de la gama cromática roja, algo observado en el resto de contextos estudiados. La variación de matiz entre el rojo

teotihuacano y el rojo anaranjado vendría dada por la mayor presencia de titanio en la composición elemental de este último. Esta diferencia podría estar relacionada tanto por la presencia de minerales distintos en la composición de las tierras naturales usadas para elaborar estos pigmentos como por tener un origen geológico diferente.

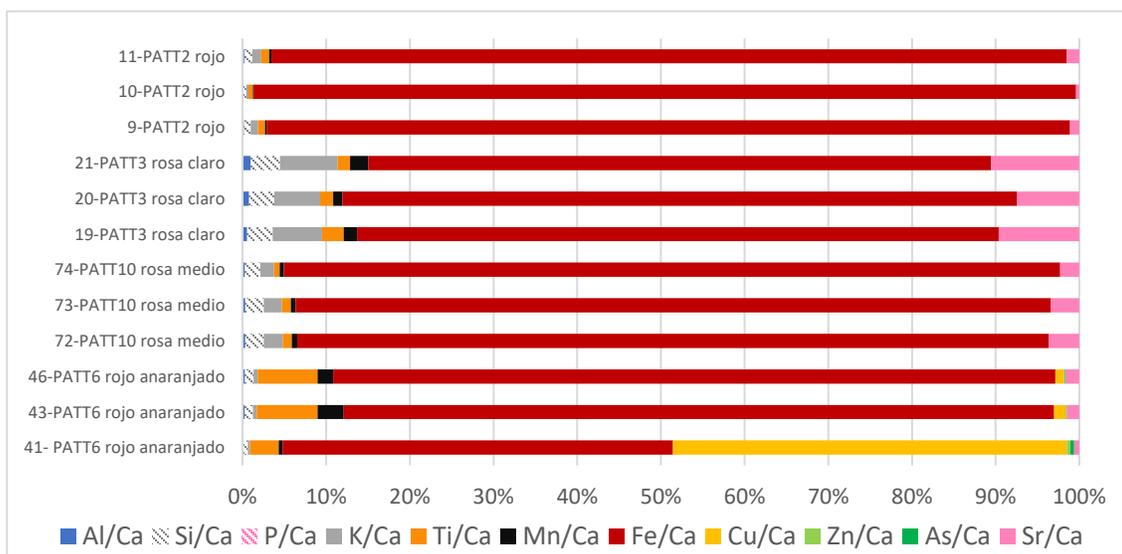


Figura 95. Ejemplo de los resultados XRF de la gama cromática roja normalizados al calcio.

Estas hipótesis de trabajo se refuerzan con los datos obtenidos mediante las técnicas de espectroscopía vibracional donde se confirma la presencia de aluminosilicatos del tipo caolinita-montmorillonita ($908, 1004, 1034$ y 1116 cm^{-1}) para el rojo teotihuacano y montmorillonita ($426, 904, 1007, 1044, 1121 \text{ cm}^{-1}$) para el rojo anaranjado (Chukanov 2014, 1:487-88), lo que reforzaría la hipótesis de un origen geológico distinto (Figura 96). La espectroscopía IR de los pigmentos de la gama roja en Tlajinga confirma, como vemos en el resto de contextos analizados, la preferencia por los pigmentos arcillosos en la elaboración de esta gama cromática.

Por otro lado, a partir de los espectros de IR observamos de nuevo el juego que hacen los artesanos del color con las materias, observando como las bandas asociadas a los carbonatos de calcio ($712, 875$ y 1409 cm^{-1}) tiene una mayor intensidad conforme más claro es el pigmento, tal y como se observó en XRF ((Anexo, p. 568) (Vahur et al. 2016). Resulta interesante observar la ausencia de las bandas de carbonato de calcio en los espectros IR del

pigmento rojo anaranjado (Figura 96), hecho que acrecenta todavía más las diferencias entre este particular pigmento y el resto de la paleta pictórica de Tlajinga.

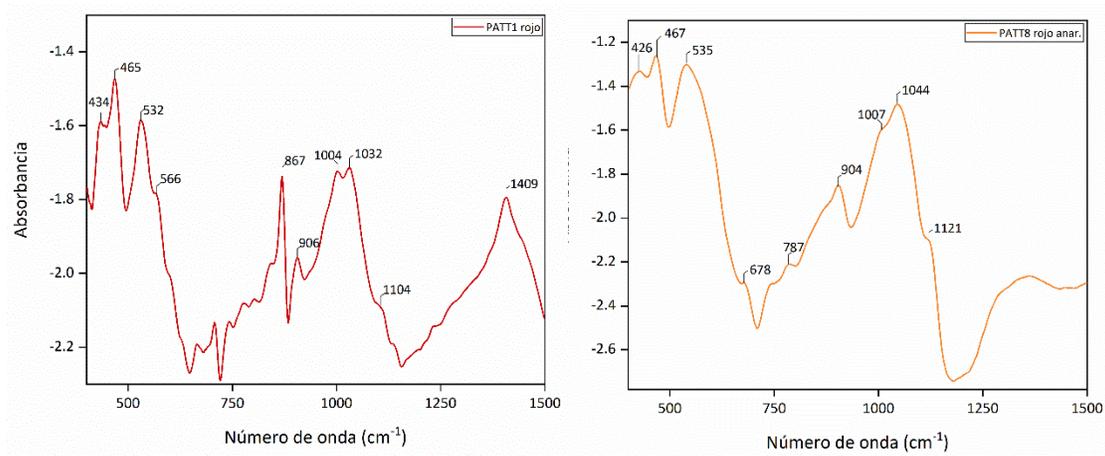


Figura 96. Espectros IR de rojo teotihuacano (dcha.) y de rojo anaranjado de Tlajinga.

En cuanto al mineral que se encuentra detrás de la coloración del pigmento rojo teotihuacano y las dos versiones de rosa es, como en el resto de contextos, la hematita, caracterizada mediante la espectroscopía Raman. Con esta técnica se ha confirmado por otro lado a la calcita como el carbonato de calcio empleado para obtener las degradaciones tonales del rojo, a la vez que se ha vuelto a identificar anatasa presente en la matriz de los pigmentos rojos ((Anexo, pp. 542).

Verde

El color verde en Tlajinga sigue las pautas tecnológicas definidas en el Verde Tipo 2 de Amanalco y observadas en el mismo tipo de pigmento del Conjunto Plaza de los Jaguares. En Tlajinga, el color verde está elaborado a partir de una matriz verde amarillento muy claro ($L^*=75-86$), de saturación débil ($C^*=7-25$) que amalgama una amplia variedad partículas de tamaño notoriamente regular, como se puede observar en las imágenes a 150X tomadas con microscopio digital (Figura 98).

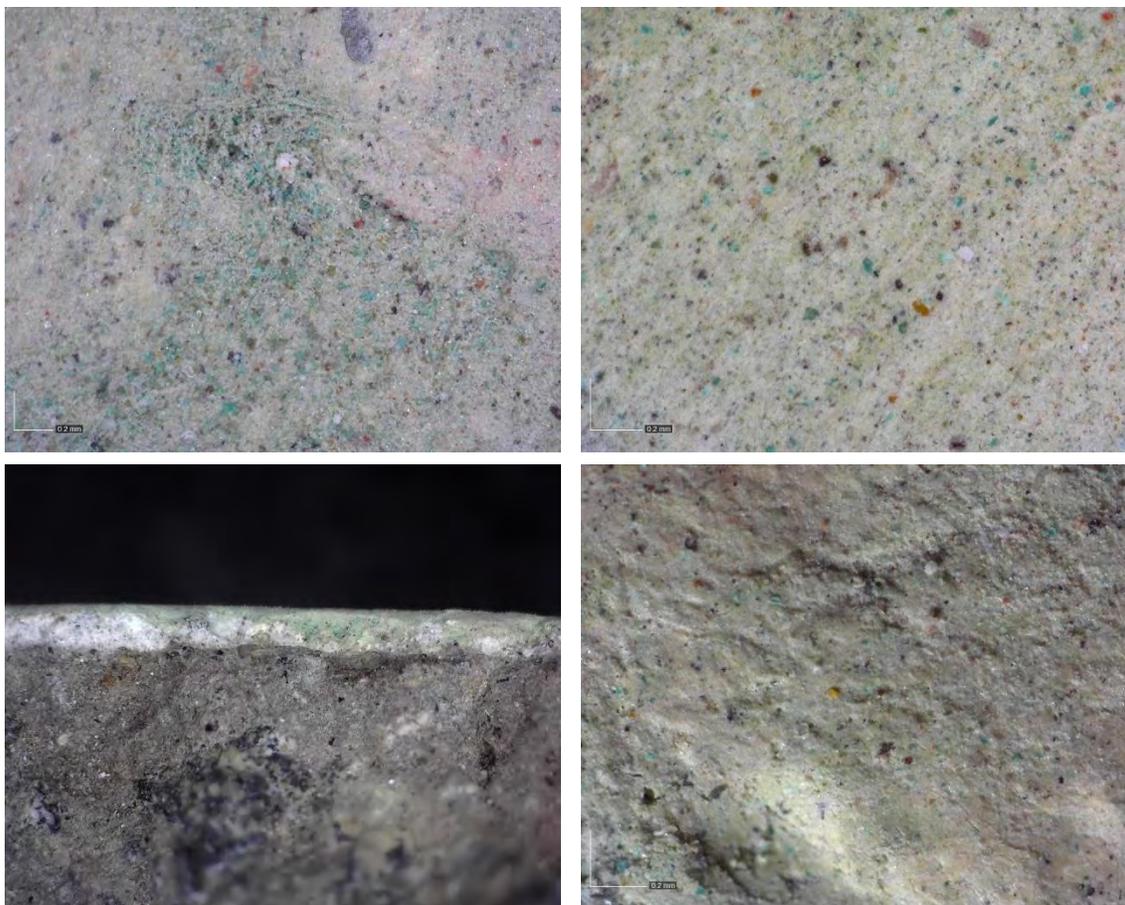


Figura 97. **Arriba:** Imágenes a 150X donde se observan las diferentes materias primas que componen el pigmento verde en Tlajinga. **Abajo izq.:** Imagen EDOF a 50X de la estratigrafía pictórica del pigmento verde en Tlajinga. **Abajo dcha.:** imagen a 200X con lux rasante donde se observan las diferentes partículas descritas.

Por un lado, la matriz compacta las ya conocidas partículas cristalinas verdes de color esmeralda y de color turquesa, responsables de generar el color verde en el pigmento. Siguiendo la estela de la comparación entre contextos, es relevante señalar la principal diferencia que se observa entre el pigmento verde de este conjunto y el resto de conjuntos. La comparación entre las muestras de pigmento verde de Amanalco y las de Tlajinga revelan que no solo hay una cantidad inferior de partículas verdes en el pigmento verde de este último contexto sino que el tamaño de las mismas es inferior, algo que se observa también en el Conjunto Plaza de los Jaguares (Figura 99). Se tratará este asunto con mayor profundidad en el capítulo de discusión.

Al igual que sucede en los otros dos conjuntos, los verdes muestran una tendencia hacia matices amarillentos, tal y como se refleja en el diagrama cromático y los espectros de

reflectancia (Anexo, pp. 546, 551, 557). Este matiz se logra gracias a la inclusión en la mezcla de materias primas de color amarillo y rojo tal y como revelan las partículas pardo-amarillentas y rojizas dispersas y amalgamadas por toda la matriz (Figura 99).

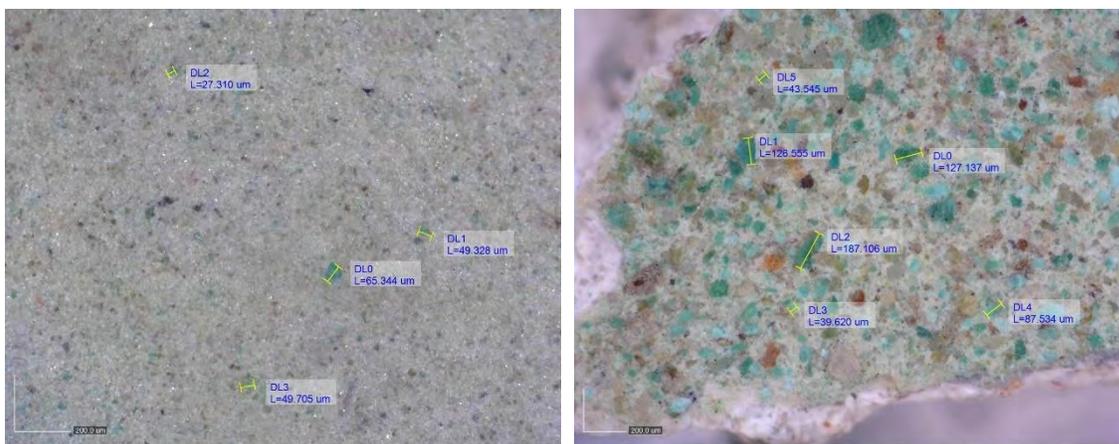


Figura 98. Imágenes a 150X que ejemplifican la diferencia en cantidad y tamaño de las partículas verdes entre el Amanalco y Tlajinga. **Izq.:** Tlajinga; **Dcha.:** Amanalco.

Así mismo y siguiendo la pauta tecnológica vista en los otros dos contextos analizados, este heterogéneo pigmento posee en su matriz cristales incoloros traslúcidos brillantes, así como pequeñas partículas opacas negras de morfologías elongadas (*ca.* > 240 μm) e irregulares (*ca.* 30-85 μm). Es interesante notar como a pesar de la claridad de este pigmento, los artesanos del color utilizaban materias primas oscuras para obtener la tonalidad y el matiz desesado, ya que el aditamento de esta materia prima a la formulación del pigmento modificaría ambos atributos de su color. Todo lo anterior convierte a los pigmentos verdes, junto al amarillo, en los más heterogéneos de la paleta pictórica revisada en la presente investigación.

Una vez analizadas ya las características físicas y plásticas del pigmento, es momento de abordar la caracterización de las partículas descritas en los párrafos anteriores. El primer indicio lo obtenemos a partir de espectros de reflectancia obtenidos con el FORS, donde se observan los indicadores típicos de los compuestos de cobre con un máximo de absorción hacia 800 nm. Además, los espectros de reflectancia son similares en cuanto a máximos de reflexión y absorción con otras investigaciones obtenidos con la misma técnica para pigmentos verdes en Teotihuacan. Además de esto, los espectros de FORS han evidenciado como se dijo en las páginas anteriores, la presencia de bandas de metileno (CH_2)

en la formulación del pigmento ((Anexo, pp. 546, 551, 557) (Aceto et al. 2014; Casanova González et al. 2020; Ortega Cabrera et al. 2019; Muiños Barros 2019; José Luis Ruvalcaba Sil et al. 2021).

Con la XRF se acrecientan de nuevo las similitudes y las diferencias con respecto al Conjunto Plaza de los Jaguares y el Conjunto Amanalco. En Tlajinga, como en los otros dos conjuntos el color verde se consigue mediante pigmentos de Cu, con presencia constante de los elementos ligados a impurezas como son el Zn y el As, al igual que en los otros dos conjuntos. Además, los tres fragmentos de mural analizados mostraron la presencia constante de fósforo (P), lo que conecta este conjunto directamente con el de Plaza de los Jaguares, donde este elemento químico se asocia a la presencia de pseudomalaquita en una de las formulaciones caracterizadas (Verde 1, muestra QJ18). Destaca en uno de los fragmentos la presencia de níquel (Ni) entre los elementos caracterizados (PATT6). El resto de los elementos químicos identificados en las muestras de pigmento verde, Fe, Ca, Ti, Sr, K, Mn y Al, se relacionan con la presencia de los agregados ferrosos para generar el matiz amarillento del pigmento y a otras materias primas como arcillas o tierras naturales para elaborar la matriz del pigmento (Figura 100).

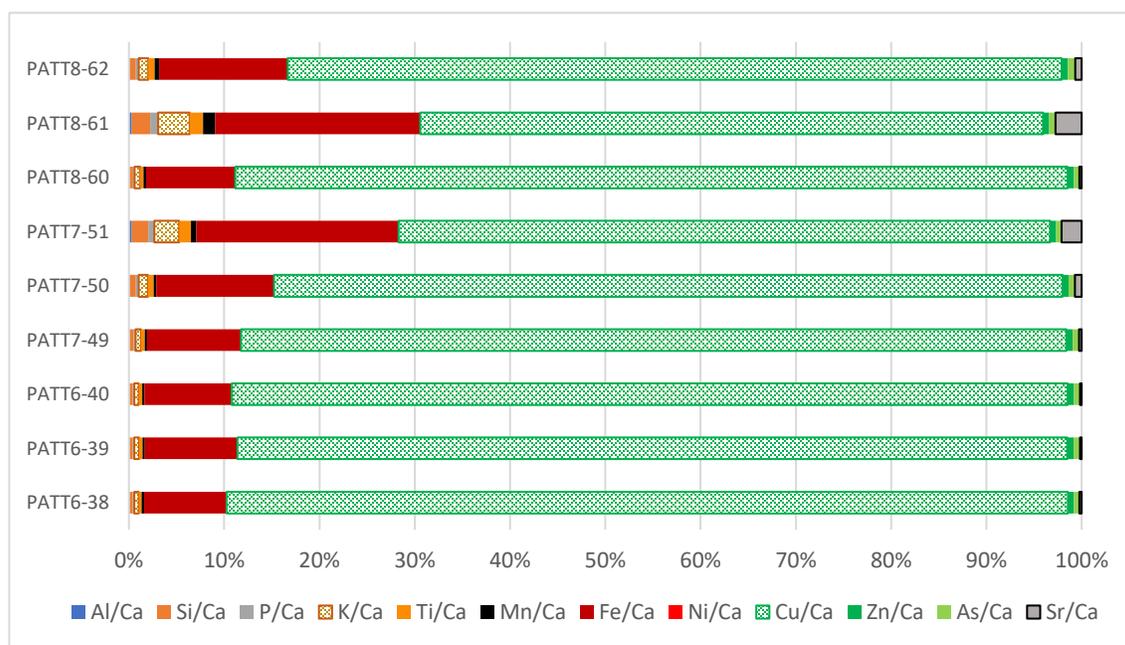


Figura 99. Caracterización elemental normalizada al Ca de los pigmentos verdes de Tlajinga.

En cuanto a la/s materia prima/s generadora del color verde, ésta ha sido identificada mediante espectroscopía IR y espectroscopía μ Raman como pseudomalaquita únicamente, la misma materia prima utilizada para elaborar el verde en el Conjunto Plaza de los Jaguares y que no se ha identificado sin embargo en Amanalco, conjunto con la mayor cantidad de fragmentos de pintura mural con pigmento verde.

Estas similitudes entre conjuntos de fases temporales distintas, como son Tlajinga y el Conjunto Plaza de los Jaguares, y diferencias entre conjuntos contemporáneos, Tlajinga-Amanalco, permiten plantear hipótesis acerca de la perduración de las “recetas” para elaborar colores, las fuentes de aprovisionamiento de materias primas, las redes de obtención dentro y fuera de la ciudad, así como la forma de acceso a ellas dentro de la red interna de obtención de recursos de la ciudad, temas que se tratarán en mayor profundidad en el siguiente capítulo.

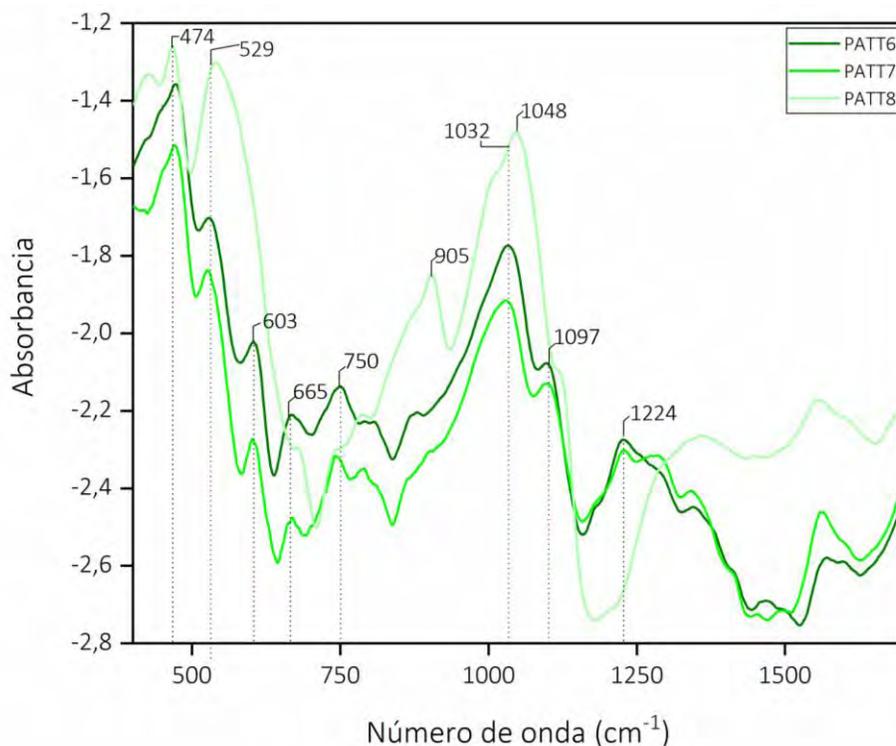


Figura 100. Espectro IR de la muestra de pigmento verde de pseudomalaquita de PATT6.

Volviendo a la caracterización de las materias primas, en los espectros IR es posible observar como las muestras PATT6 y PATT7 presentan unas bandas similares, siendo el espectro de PATT8 algo diferente. Mientras que en las dos primeras muestras las bandas asociadas a la pseudomalaquita son claras (603, 665, 750, 1032, 1097 y 1224 cm^{-1}), en la

tercera muestra estas bandas son muy débiles y lo que se ve es un espectro típico de aluminosilicatos, concretamente de la arcilla de la variedad montmorillonita, al igual que ocurre con el pigmento rojo anaranjado de este mismo conjunto (Figura 101) (Chukanov 2014; Vahur, Teearu y Leito 2010).

La interpretación de lo anterior es que se debe a la inclusión en la formulación de arcillas para generar la matriz base del pigmento a la que se le añade pseudomalaquita molida en diferentes grados para obtener el matiz verde. De los resultados obtenidos con IR sorprende la ausencia de bandas de carbonatos de calcio, algo poco común respecto a lo visto en el resto de los pigmentos y conjuntos analizados, y que se ve, al igual que la particularidad de la arcilla, en el pigmento rojo anaranjado.

La caracterización la materia prima principal de este pigmento se corrobora con los resultados de la espectroscopía μ Raman, donde además de identificar la pseudomalaquita (365, 445, 482, 606, 975, 1065 cm^{-1}), se ha caracterizado los agregados de este pigmento ((Anexo, pp. 548-549,553-555, 559-561,).



Figura 101. Imagen a 150X de la muestra PATT7 donde se percibe los agregados de hematita, goethita y carbón.

Por un lado, para generar los matices cálidos de este pigmento, los artesanos del color agregaron partículas de hematita y goethita (Anexo, p. 554). Estas materias primas se añaden

en diferentes grados de molienda, al igual que la pseudomalaquita, puesto en la muestra PATT7 se observa perfectamente bajo microscopio el matiz amarillento de la matriz así como las partículas amarillas goethita y rojas de hematita, de tamaños similares a las partículas verdes, que amalgama (Figura 102).

Junto a esto, los análisis puntuales precisos que permite esta técnica ha permitido comprobar que los artesanos del color se valieron de carbón para para obtener la tonalidad en el pigmento deseada, así como de cuarzo y de anatasa para elaborar la matriz de calcita y arcilla ((Anexo, p. 560). Es de remarcar que la identificación de la anatasa, presente sobre todo en los pigmentos verdes aunque se ha caracterizado en pigmentos rojos, siempre se ha dado a partir de la localización de partículas de colores pardo-amarillentos o traslúcidos repartidos por la superficie pictórica así como totalmente integrada en la matriz. Esta presencia repartida por toda la superficie del pigmento en forma de partículas diseminadas, su presencia como parte de la mezcla de materiales usados para elaborar la matriz del pigmento y su presencia en varios colores de la paleta pictórica permiten sostener la hipótesis del uso intencional de este óxido de titanio.

Así pues, vemos cómo a través de los microanálisis es posible aproximarnos de una forma profunda al conocimiento tecnológico implícito en un pigmento como éste. El conocimiento detrás de las distintas propiedades físicas de las materias primas utilizadas, los diferentes grados de molienda, las variaciones en la cantidad de uno u otro material nos habla de un conocimiento complejo, en un proceso en el que se buscan matices y tonos concretos y acabados precisos. Con todo, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 14, donde, organizado por conjunto y por color, se exponen las principales mezclas de materias primas identificadas en los pigmentos del conjunto Amanalco, del Conjunto Plaza de los Jaguares, así como de las estructuras 4:S4W1 y 2:S4W1 de Tlajinga.

Tabla 14. Tabla resumen con las composiciones identificadas en la paleta pictórica de los tres conjuntos investigados.

Conjunto Plaza de los Jaguares (ca. 250-350 d.n.e.)		Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco (472-522 d.n.e)		Tlajinga (ca. 350-450 d.n.e.)	
Color	Mezclas identificadas	Color	Mezclas identificadas	Color	Mezclas identificadas
Rojo/Rosa	Tierras rojas (caolinita) + calcita + cuarzo + carbón	Rojo/Rosa	Tierras rojas (caolinita) + calcita + cuarzo + carbón	Rojo/Rosa	Tierras rojas (caolinita) + calcita + cuarzo + carbón
Rojo anaranjado	Cinabrio + Tierras rojas (caolinita)	Rojo anaranjado	Cinabrio + calcita + arcillas	Rojo anaranjado	Tierras rojas (ricas en titanio) + arcilla montmorillonita
Amarillo	Ocre amarillo (caolinita) + calcita+ carbón	Amarillo	Ocre amarillo (caolinita) + calcita+ carbón	-----	-----
Verde	Pseudomalaquita + malaquita + calcita + goethita + arcilla (caolinita) + cuarzo + carbón	Verde	Pseudomalaquita + calcita + goethita + arcillas + cuarzo + carbón	Verde	Pseudomalaquita + calcita + goethita + arcillas + cuarzo + carbón
-----	-----	Azul oscuro	Azurita + malaquita + arcillas	-----	-----
Gris azul	Carbón + calcita + arcilla(caolinita) + hematita	Gris azul	Carbón + calcita + arcilla(caolinita) + hematita	-----	-----

Capítulo 5. *Ars Coloris*: un viaje a través de la tecnología del color en Teotihuacan: discusión de los resultados y conclusiones de la investigación

(...) ¿no son los pigmentos en sí mismos obras de arte, frutos de la habilidad y la creatividad, y sustancias magníficas por su elegancia y esplendor? (...)

Phillip Ball, 1962

En este capítulo final se discuten los resultados derivados directamente de esta investigación en relación con el conocimiento previo que se tenía acerca de la tecnología del color en Teotihuacan y con lo publicado en los trabajos descritos en el estado de la cuestión. Considero relevante señalar que en esta sección se condensan seis años de investigación arqueológica en torno al color, su producción y su tecnología en Teotihuacan, dos años en la maestría en Estudios Mesoamericanos que precede esta investigación y cuatro durante el Programa de Doctorado del que surge la presente tesis. Es por ello por lo que este apartado se plantea a modo de ensayo, en el que la discusión de los resultados obtenidos y su integración a la dinámica histórica de Teotihuacan será el eje a partir del cual se construyan el resto de las reflexiones y planteamientos.

La línea de investigación desarrollada durante los seis años señalados anteriormente ha tenido tres objetivos principales, por un lado, ahondar en el conocimiento sobre la tecnología del color, por otro investigar el sistema productivo del color en Teotihuacan. Por último, desarrollar una propuesta teórica y metodológica de investigación del color desde la arqueología que sirva para investigaciones de esta índole en otros ámbitos culturales y geográficos. Así, este trabajo condensa los objetivos descritos en un intento de realizar una aportación que sirva de base a futuras investigaciones en el ámbito de la tecnología del color.

Como se argumentará en las siguientes secciones, el planteamiento teórico y metodológico desarrollado y propuesto para esta investigación ha generado resultados novedosos que permiten aumentar y profundizar el conocimiento previo acerca del color y su tecnología en Teotihuacan. Además, la conceptualización del color como un sistema productivo inserto en la pléyade de industrias que se desarrollaron en Teotihuacan como la cerámica, lapidaria, ósea o lítica ha permitido interpretar los resultados con base en los paradigmas socioeconómicos que se conocen para otros sistemas productivos y otras materias primas en la ciudad y que se intercalan con la historia de la propia urbe.

Ars Coloris: un viaje a través de la tecnología del color en Teotihuacan

La investigación desarrollada ha generado un corpus de información novedosa y de interés dentro del ámbito de la industria del color en Teotihuacan. La comparación de los datos

obtenidos ha revelado una tecnología del color homogénea, que se perpetúa y transmite entre generaciones, revelando un sistema tecnológico y de transmisión de conocimientos asentado y estable dentro de las actividades económicas de la urbe a lo largo de su historia.

Sin embargo, y como se expondrá a lo largo del capítulo, a pesar de la poderosa e ignota “fuerza” homogeneizadora que marca las pautas y designios de la preparación de pigmentos en Teotihuacan, cada uno de los tres contextos estudiados poseen particularidades técnicas, tanto en la formulación de los pigmentos como en la técnica de aplicación. Esto dota a cada uno de los conjuntos de un halo de especificidad, como tratando de mostrar una identidad propia, una pequeña muestra de irreverencia ante el todopoderoso “sistema” que rige la sociedad y economía teotihuacana, fenómeno que, por otro lado, se vislumbra en el resto de las industrias acaecidas en la ciudad o en la propia organización social de los grupos humanos que configuran la ciudad.

A lo largo de la investigación se ha observado una gran homogeneidad en cuanto a los materiales utilizados para elaborar pigmentos entre conjuntos arquitectónicos que varían en cuanto a la temporalidad y al nivel socioeconómico que se les atribuye. A pesar de ello, tanto el Conjunto Plaza de los Jaguares (Tlamimilolpa tardío, 250-350 d.n.e.) como Tlajinga (Tlamimilolpa tardío-Xolalpan temprano, *ca.* 250-450 d.n.e.) y como el Conjunto Amanalco (Xolalpan tardío, *ca.* 450-550 d.n.e.) poseen una paleta pictórica que no muestra apenas diferencias a lo largo de los aproximadamente de 200 años que abarcan los materiales bajo estudio (Tabla 14). Este hecho, unido a la revisión de las publicaciones sobre la tecnología del color en la ciudad evidencia que la producción de color en Teotihuacan se rigió por unas pautas y directrices marcadas y bien establecidas que se perpetúan sin apenas variaciones desde el cambio documentado por Magaloni (1996) durante el cambio de la Primera a la Segunda fase técnica de la pintura mural teotihuacana en los inicios de la fase Tlamimilolpa temprano (*ca.* 200 d.n.e.).

A partir de este momento la tecnología del color en Teotihuacan se desarrolla a través del tiempo a partir de la introducción paulatina de pequeños cambios en la cantidad de materia prima utilizada, el grado de molienda de los materiales o la obtención de nuevos matices y tonalidades. Más allá de eso, en ninguno de los tres conjuntos se ha observado

cambios bruscos en cuanto a materias primas o mezclas de materiales salvo contadas excepciones. Esto manifiesta una clara continuidad tecnológica que denota un sistema de producción estable en el tiempo con una transmisión de conocimientos arraigada en el seno del sistema socioeconómico teotihuacano.

Dicho lo anterior, es momento, de realizar el viaje espacio-temporal por la materialidad del color en Teotihuacan tal y como se señala en el título de la presente tesis. Para ello y como se dijo líneas atrás se compilan los resultados obtenidos integrándolos y comparándolos con la tecnología del color de otros contextos de la ciudad, extrayendo los puntos más relevantes y las cuestiones derivadas de los descubrimientos derivados de esta investigación.

El color rojo

La primera parada en este recorrido es en el color **rojo**, el que podría llamarse el color arquetípico de Teotihuacan, “la ciudad roja” la llamó el maestro López Austin (1989) en su trabajo colaborativo sobre Teotihuacan. Este es el color con mayor representación en todos los contextos investigados y es la gama cromática con mayor variedad de matices y saturaciones. Esta gama se utilizaba tanto para pintar los fondos de los murales como los murales bícromos, a partir de sus degradaciones tonales como para pintar detalles concretos. En los tres conjuntos estudiados se ha documentado cuatro matices de rojo, el rojo teotihuacano o rojo guinda, un rojo de matiz anaranjado, un rosa claro y un rosa medio. Estos pigmentos se perpetúan y replican una y otra vez en todos los conjuntos mostrando una notable uniformidad tecnológica, a excepción del rojo de matiz anaranjado. En este pigmento es donde mayor diferencia hay entre los diferentes conjuntos, evidenciando variaciones tecnológicas que hacen de este un color particular dentro del marco teotihuacano.

El rojo teotihuacano y los dos pigmentos rosas comparten las materias primas principales empleadas en su elaboración. Estos pigmentos se elaboran en los tres conjuntos a partir de tierras ferroarcillosas que conforman la matriz del pigmento y que contienen

hematita y caolinita en prácticamente la totalidad de los casos. En otros conjuntos de la urbe, así como en otros soportes, es común la utilización de tierras naturales con hematita, debido a la profusión de este material en los alrededores de la ciudad, siendo una materia prima accesible y abundante (López Luján et al. 2005, 19; Panczner 1987; Sánchez Morton 2013; Torres Montes 1972, 24).

En este punto es interesante traer a colación la cuestión de si los productores de pigmentos utilizaban materias primas ferroarcillosas obtenidas directamente del yacimiento o si por el contrario se buscaba formaciones de hematita pura para posteriormente ser mezclada junto con arcillas del tipo caolinita. Esta cuestión es compleja de responder sin disponer de información o registro de áreas de producción específicas de pigmentos, sin embargo, dos estudios sobre la producción de color en Teotihuacan proporcionan interesantes datos al respecto. La investigación de Sánchez Morton (2013), llevada a cabo en el área de producción y almacenamiento de pigmentos rojos llamada 46C:N4E2 (Xolalpan, 350-550 d.n.e.), documentó hematita pura interpretada como materia prima junto con pigmentos compuestos de hematita y arcilla caolinita. De lo anterior se desprende la inferencia de que los teotihuacanos dispusieron tanto de hematita pura como de tierras arcillosas rojas para elaborar los pigmentos de la gama cromática roja.

Por su parte el estudio realizado por el autor de esta tesis en el complejo palaciego de Xalla sobre instrumentos de lítica pulida asociados a la producción de pigmentos, así como núcleos de pigmento, también evidenció el uso continuo de tierras ferroarcillosas. Esta utilización de las tierras naturales se documentó tanto en nódulos de color definidos como productos elaborados, como en instrumentos de lítica pulida que forman parte de las fases de la producción y aplicación de pigmentos en Teotihuacan como machacadores, metates, morteros, aplicadores y pulidores.

Sin embargo, y como ocurre en el sitio 46C:N4E2, en Xalla se documentaron instrumentos de lítica pulida asociados con presencia únicamente de hematita. Hasta el momento, no se ha reportado nódulos de arcillas puras asociados a áreas relacionadas con la producción y/o almacenamientos de materiales asociados a los pigmentos. En este punto de la investigación y para resolver esta cuestión es necesario encontrar y excavar áreas

específicas de producción de pigmentos para poder resolver esta cuestión con seguridad. Hasta el momento los datos permiten afirmar que para la elaboración de pigmentos rojos en Teotihuacan se usó tanto hematita pura como tierras arcillosas rojas.

Dicho lo anterior es plausible pensar en el uso mayoritario de estos compuestos arcillosos ricos en hierro para elaborar esta gama de pigmentos puesto que es una materia prima accesible y que abunda en los alrededores de la ciudad. A su vez, el carácter cubriente y denso de los pigmentos arcillosos hace que sean materiales adecuados para cubrir las grandes superficies de los conjuntos departamentales y de los monumentos cívicos y ceremoniales, a la vez que son materiales que resisten bien las condiciones ambientales del Valle de Teotihuacan. Empero, no se puede descartar el uso, quizás minoritario o quizás más para acabados concretos, de hematita pura puesto que ha sido documentada aislada en dos contextos asociados a la producción de pigmentos como se ha señalado en los párrafos anteriores. De igual manera, mucha de la hematita pura identificada en instrumentos de producción también se relaciona a los diferentes estadios productivos del pigmento, revelando que además de disponer de tierras naturales rojas, los teotihuacanos, por razones técnicas aún sin comprender o económicas, mezclaban hematita pura con arcillas y calcita para elaborar pigmentos rojos y rosas.

Por otro lado, hay que destacar la ausencia hasta el momento de caracterizaciones de caolinita o alguna otra arcilla aislada asociada a la manufactura de color en ninguno de estos contextos, sin embargo, se ha caracterizado arcilla caolinita en algunas de las formulaciones del resto de la paleta pictórica bajo estudio como verdes y azules, pigmentos cuyas materias primas no tienen compuestos arcillosos de manera natural. Esto sugiere el uso de arcillas de forma independiente para elaborar la matriz que amalgama el resto de las partículas y dota de cuerpo al pigmento.

Otro aporte más a esta cuestión es el estudio de Littman (1973) sobre fragmentos de murales de Tetitla, Atetelco y Tepantitla, en el que identificó la presencia de aluminio y calcio en todos los pigmentos estudiados. Además de esto, las observaciones bajo microscopía de los pigmentos junto a geólogos especializados en mineralogía le permitieron asociar la

inclusión de arcillas en la formulación de los pigmentos, lo que aporta otra evidencia del uso independiente de arcillas como parte del proceso de producción de color en Teotihuacan.

¿Este uso continuo y mayoritario de estas tierras naturales permite pensar en una selección de las fuentes de aprovisionamiento? ¿de dónde obtienen estos materiales los teotihuacanos? Poco se conoce sobre las fuentes de aprovisionamiento de materias primas, más allá del uso recurrente al manual geológico de México de Panczer (1987) o de aproximaciones meramente hipotéticas. De manera tradicional se ha situado a los afloramientos de la Sierra de Patlachique como el origen más probable de estos materiales, al existir afloramientos de hematita y por su cercanía a la ciudad (López Luján et al. 2005, 19; Panczner 1987; Sánchez Morton 2013; Torres Montes 1972, 24).

La investigación que la arqueóloga Ligia Sánchez Morton (2012) llevó a cabo le permitió identificar el material obtenido en las minas de hematita de la Sierra de Patlachique, caracterizándolo como una combinación de hematita y ortoclasa, un feldespato de aluminio, silicio y potasio abundante en la corteza terrestre. Esto no coincide con la composición identificada en los pigmentos del sitio 46C:N4E2 (caolinita), ni con lo identificado en Xalla, ni en los tres conjuntos que aquí se presentan. Este hecho descartaría a las minas de esta sierra cercana a Teotihuacan como fuente de obtención de las tierras naturales rojas de hematita y caolinita utilizadas para elaborar estos pigmentos. En el futuro, las investigaciones deberán acometer la localización de las fuentes de aprovisionamiento de este tipo de materiales para dar luz a estas cuestiones.

Con todo, las tierras naturales rojas no se utilizan de manera aislada, sino que los artesanos del color teotihuacanos agregaban otras materias primas para obtener distintos matices y generar distintas propiedades plásticas o físicas de los pigmentos. En el caso del rojo teotihuacano es constante el uso de hematita especular, y no ilmenita, en forma de pequeñas partículas laminares que generan los típicos brillos e iridiscencias de la pintura mural teotihuacana. Este material se documenta en el pigmento rojo teotihuacano de todos los contextos con tamaños variados que van desde varían su tamaño desde las 150-200 μm hasta *ca.* 25-35 μm . Considero a este material como un agregado de estas matrices ferroarcillosas por las diferencias notables en el tamaño de grano que hay entre ellas, por

tener estas últimas bordes angulados que no se ven en las partículas que conforman la matriz y porque no se observan en los pigmentos que derivan directamente del rojo teotihuacano, el rosa claro y el rosa medio.

La diferencia de tamaño y forma de estas partículas respecto a la matriz roja habla de un proceso de molienda y preparación de la hematita especular diferente, buscando obtener fragmentos planos y de tamaños diferentes para que generen, una vez aplicado y bruñido el pigmento, los brillos e iridiscencias característicos de los murales teotihuacanos. Por su parte, los dos pigmentos rosas, conseguidos a partir de añadir diferentes cantidades de calcita al pigmento rojo original, carecen de estas partículas laminares negras. Se trata de pigmentos homogéneos en cuanto a la composición de su matriz, con la única presencia de partículas de cuarzo que poseen propiedades ópticas comparables a la hematita especular utilizada el color rojo, así como de carbón para lograr el tono final de ambos rosas, como se expone a continuación.

En el caso particular del color rosa, es curioso el uso que hacen de este pigmento en Amanalco y que no se ve con esta profusión en los otros dos contextos. Los conjuntos de Techinantitla y Tlacuilapaxco tienen la particularidad de que los pintores utilizaron el rosa a modo de una capa inicial, a modo de base preparatoria, sobre la que superponer el resto de los pigmentos. Esto es algo que no se ve en el Conjunto Plaza de los Jaguares ni en Tlajinga, ni tampoco en Tetitla, Atetelco o en el Conjunto Plaza de los Jaguares (Figura 103).

De igual manera, y marcando una cierta tendencia discordante respecto al resto de conjuntos departamentales y a la propia técnica pictórica teotihuacana es el uso de pigmentos traslúcidos en ciertos fragmentos de pintura mural. Esta técnica de diluir el pigmento para generar capas pictóricas traslúcidas choca sobremanera con lo visto en el resto de los conjuntos, donde las capas pictóricas son densas y cubrientes. Estos dos hechos aportan nueva información no sólo sobre cómo se elabora color en la urbe, sino de la propia técnica pictórica y las diferencias entre conjuntos, lo que puede abrir nuevas vías de investigación de cara a conocer si había una o varias “escuelas” pictóricas en la ciudad.

Por otro lado, y volviendo a la discusión sobre la gama de rojos, ésta comparte la presencia continua de partículas negras opacas de carbón. Este material es utilizado de

manera recurrente tanto en el rojo teotihuacano como en los rosas, sin embargo, es común encontrar una mayor cantidad de partículas de carbón diseminadas en la matriz del rosa medio. En todos los casos, las partículas de carbón son de grano fino (*ca.* 25-45 μm) y se encuentran diseminadas por toda la matriz. Las variaciones en la cantidad de este material, junto con calcita y tierras naturales son las responsables de las degradaciones a partir del rojo desarrolladas y empleadas por los pintores teotihuacanos en los tres contextos.

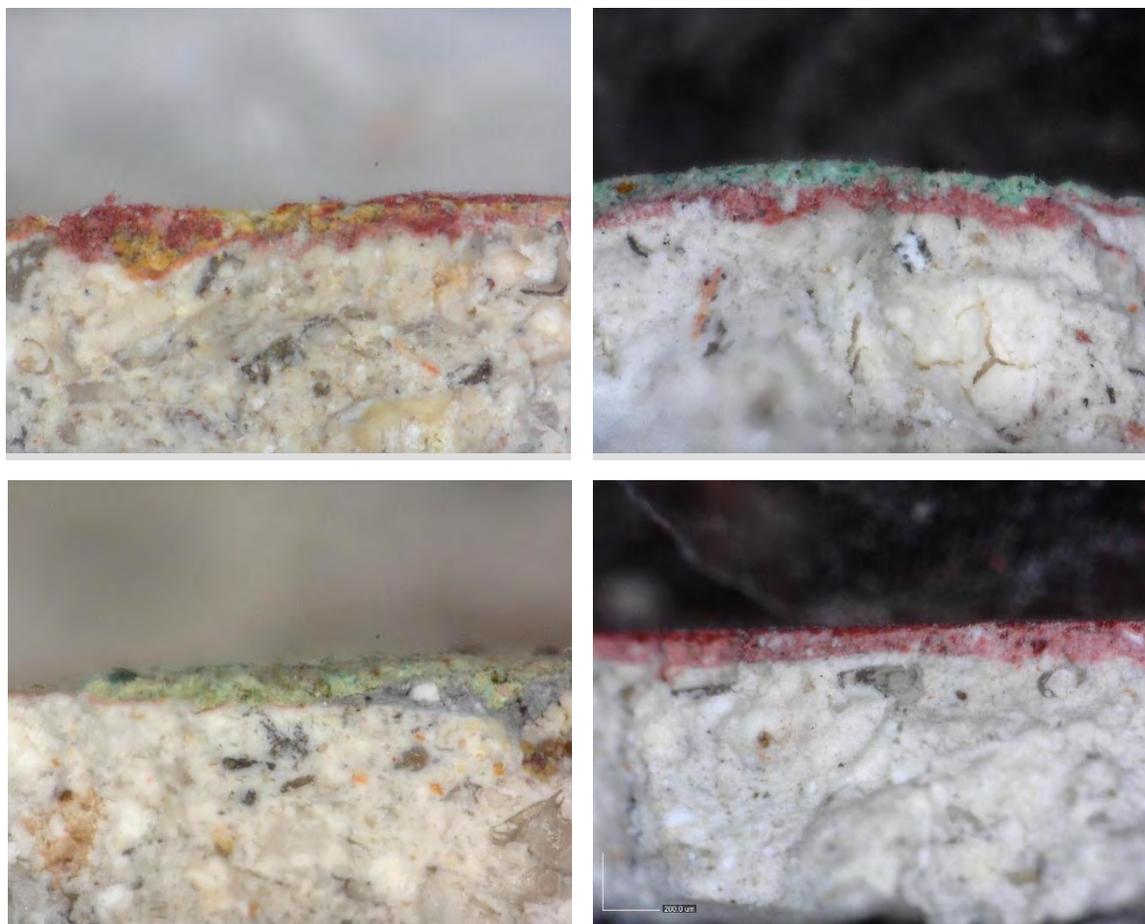


Figura 102. Imágenes a 200X (EDOF) donde se aprecia el uso del pigmento rosa claro como capa inicial. Nótese los diferentes grosores de la capa pictórica rosa, así como en la nitidez con la que se superponen las capas pictóricas

Esta homogeneidad imperante entre el rojo y sus derivados rosas en los conjuntos estudiados es quebrada por la presencia, escasa pero continua, del rojo de matiz anaranjado. Como se señala en los capítulos previos, este matiz de rojo se documenta en el Conjunto Plaza de los Jaguares, donde se ha documentado en mayor cantidad, en Tlajinga,

documentado únicamente en la Estructura 2 y en el Conjunto Amanalco, donde únicamente un fragmento de los más de 1800 fragmentos revisados posee este color.

Este pigmento de matiz anaranjado se diferencia claramente en todos los contextos del resto de la gama de los rojos tal y como se observa en el diagrama cromático de todos los conjuntos estudiados (Figura 104). Además, este matiz, en todos los casos, a pesar de la diferencia de materias primas, aparece como un pigmento de grano más fino que los pigmentos rosas y rojo, con una matriz menos compactada, notoriamente más endeble y sin ningún tipo de agregado, algo que solo se da en estos pigmentos anaranjados.

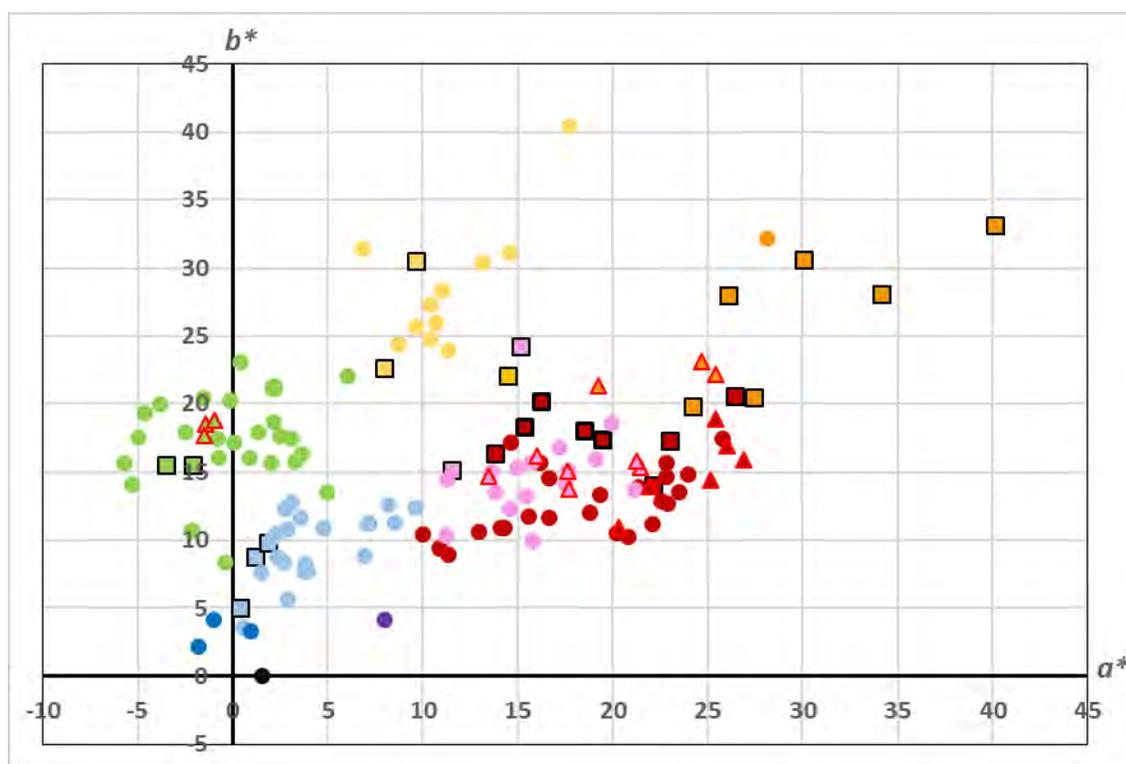


Figura 103. Diagrama cromático de los tres conjuntos investigados. **Círculos:** Amanalco, **Triángulos:** Tlajinga; **Cuadrados:** Conjunto Plaza de los Jaguares. Los colores de cada punto corresponde a los colores de los pigmentos.

Hasta aquí llegan las similitudes de este pigmento entre los tres conjuntos, pues su caracterización ha denotado una variedad de materias primas, así como diferencias técnicas relativas a la manufactura y posterior uso del pigmento. El conjunto más temprano de los tres, el Conjunto Plaza de los Jaguares, ha mostrado una continuada presencia de rojo anaranjado que se elabora mediante una mezcla de cinabrio con hematita que se aplica sobre una capa de rojo teotihuacano para permitir su adherencia al muro.

Junto a este formato de pintura mural “clásica”, el cinabrio aparece mezclado junto a tierras naturales en el pigmento aplicado directamente sobre adobe en el Conjunto Plaza de los Jaguares, lo que sugiere el uso de algún tipo de aglutinante para permitir la adherencia de la capa pictórica al soporte terroso. En este conjunto, el uso del cinabrio es constante por lo que podemos confirmar de manera rotunda el uso de este sulfuro de mercurio en la pintura mural teotihuacana para época Tlamimilolpa tardío (250-350 d.n.e.), hecho reforzado por la reciente caracterización de este material en la pintura mural del Conjunto de los Caracoles Emplumados de temporalidad Tlamimilolpa temprano (170/200-250 d.n.e.) (Argote et al. 2020).

Este uso, parece que común en la ciudad, del cinabrio en la pintura mural de las fases más tempranas se interrumpe de forma abrupta a partir de 350 d.n.e. según sugieren los datos obtenidos y revisados. A partir de la fase Xolalpan (350-550 d.n.e.) la presencia de este mineral en la pintura mural se reduce hasta prácticamente no tener registros, ya que el gran conjunto de fragmentos de pintura mural con fondos de cinabrio documentado en Plaza de las Columnas tiene una temporalidad asociada en torno a 300-350 d.n.e y los fragmentos con enlucidos de cinabrio de la Estructura 52F, ubicado al costado oeste de la Calzada de los Muertos se mueven en temporalidades cercanas a este momento (Guzmán García Lascurain 2019; Sugiyama, Fash y Sugiyama 2020; Gazzola 2000; 2009).

A pesar de esta ausencia del cinabrio en la pintura mural teotihuacana a partir de *ca.* 350 d.n.e., se sigue utilizando como pigmento en otros ámbitos como el funerario y ritual como el conjunto de cráneos enterrados a modo de ofrenda piramidal en Teopanaczo (*ca.* 350 d.n.e.), en algunos enterramientos de La Ventilla (350-550 d.n.e.) o en la industria cerámica estucada y decorada postcocción donde es recurrente el uso de este material tanto para pintar detalles como para los fondos (Ejarque Gallardo 2018; 2017; Vázquez de Ágredos y Manzanilla 2016; Doménech Carbó et al. 2012; O’Neil 2017; Maruf Martínez 2019; Magaloni Kerpel, O’Neil y Uriarte 2020) .

Este desuso del cinabrio en la pintura mural teotihuacana a partir de época Xolalpan pudiera responder a las complejidades técnicas de su uso, donde en todos los casos aparece como una mezcla entre el cinabrio y hematita aplicado sobre una capa previa de rojo de

hematita. Sin embargo, resulta extraño pensar que la técnica de mezclar cinabrio con tierras arcillosas rojas o la de aplicar capas de rojo de cinabrio sobre capas previas de rojo teotihuacano, bien conocida por los artesanos y pintores teotihuacanos y que fue empleada durante aproximadamente 300 años cayera en el olvido únicamente a complejidades técnicas. Además, como hemos señalado, este pigmento se sigue utilizando en la cerámica estucada y decorada postcocción cuya técnica pictórica se ha demostrado similar a la mural (O'Neil 2017; Magaloni Kerpel, O'Neil y Uriarte 2020; Martínez Sales 2018).

Si el descarte de este material para pintura mural por motivos técnicos queda en entredicho visto lo anterior, esta “desaparición” repentina podría responder a una constricción o reducción de las fuentes de aprovisionamiento de este material a partir de 350 d.n.e. Ciertamente es que no es un momento cualquiera dentro de la historia teotihuacana, pues es justo alrededor de esta fecha de 350 d.n.e. cuando se produce la completa renovación arquitectónica de la ciudad, procesos de desacralización e iconoclastas y aparecen una gran cantidad de rituales de terminación por toda la ciudad, como se ha evidenciado a través de los trabajos arqueológicos.

El motivo de este hito en la ciudad se encuentra todavía ignoto, pues no se conocen con claridad las causas que motivaron a los antiguos teotihuacanos a levantar una nueva ciudad sobre los cimientos de la anterior o a tapar y clausurar el templo de la Serpiente Emplumada, pero, lo que parece cierto, es que algo cambió en la ciudad, y repercutió en muchos aspectos de esta. A todas estas interrogantes se suma ahora esta interrupción del uso de cinabrio en la pintura mural. Sea por cuestiones técnicas, económicas o por una mezcla de ambas, lo cierto es que a partir de este momento el uso del cinabrio en la pintura mural desaparece, buscando a partir de otros materiales el matiz anaranjado y la luminosidad otorgada por este sulfuro de mercurio.

En el conjunto de Amanalco tan solo un fragmento de pintura mural recuperado durante los recorridos superficiales de Millon en los ochenta posee trazas de este mineral sulfuroso, a pesar del gran corpus de restos pintura mural de este conjunto, donde el matiz anaranjado del rojo se caracteriza por su total ausencia, revelando una preferencia por matices rojo teotihuacano y rosas. No ocurre esto en Tlajinga, donde la policromada

Estructura 2 muestra un rojo anaranjado particular, pues no posee el matiz del rojo teotihuacano clásico ni tampoco del anaranjado fulguroso del Conjunto Plaza de los Jaguares, tal y como se observa en el diagrama cromático comparado, sino que se encuentra entre estos dos matices (Figura 104).

Este pigmento rojo anaranjado de Tlajinga posee todas las características físicas observadas en el rojo de cinabrio de Plaza de los Jaguares, la ausencia de agregados, su fina granulometría, así como la poca compactación de la superficie pictórica. Sin embargo, en Tlajinga este pigmento se elabora con una materia prima diferente. En este caso se trata de tierras ferroarillosas ricas en titanio, elemento causante del matiz anaranjado de este pigmento. He aquí la primera peculiaridad que caracteriza este rojo anaranjado de Tlajinga y es la presencia notoria de titanio en su composición, algo que no ocurre en el resto de los pigmentos terrosos caracterizados.

La segunda peculiaridad de este pigmento y que marca una notable diferencia respecto a los demás pigmentos de naturaleza terrosa identificados es la presencia de la arcilla montmorillonita en vez de la variedad caolinita, algo poco común en la tecnológica del color teotihuacana, ya que en la mayoría los casos reportados las arcillas presentes en los pigmentos son del tipo caolinita, caolinita-montmorillonita o de manera más puntual otras arcillas como halloysita o sepiolita. Aunque hacen falta investigaciones más amplias y específicas acerca de las arcillas usadas en Teotihuacan en la industria del color y de las diferencias en la relación variedad/uso, es común encontrar caolinita en pigmentos destinados a pintura mural y/o elementos arquitectónicos, en los pigmentos de uso funerario o ritual es donde se ha identificado una mayor variedad en estos materiales (Ejarque Gallardo 2017; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019; Martínez García et al. 2012; Sánchez Morton 2013; López Puértolas 2019).

Estas diferencias en la naturaleza de este pigmento abren, de nuevo, interrogantes acerca de las fuentes de aprovisionamiento de los materiales utilizados para producir color en la urbe, puesto que este el único pigmento que posee montmorillonita en su composición, lo que sugiere la existencia de diversas fuentes geológicas usadas por los teotihuacanos para obtener las tierras naturales rojizas utilizadas para elaborar pigmentos.

A su vez, esta identificación permite pensar en la forma de obtención de materias primas dentro de la propia Teotihuacan, ya que conjuntos contemporáneos como Tlajinga, Amanalco o Plaza de las Columnas poseen materias primas particulares no compartidas en otros contextos como el cinabrio de Plaza de las Columnas, este rojo anaranjado de hierro y titanio de Tlajinga o la ausencia total de rojo anaranjado en toda la colección revisada de Amanalco. Esta diversidad dentro de la homogeneidad tecnológica imperante aporta nuevos datos sobre el acceso diferencial o preferencial a materias primas en la ciudad, así como pensar en distintos puntos de adquisición de pigmentos dentro de la misma, donde cada artesano, en función de la demanda y de ciertos mecanismos todavía poco comprendidos en Teotihuacan, podía acceder a las materias primas usadas para elaborar los murales que cubrían estos espacios arquitectónicos.

El color amarillo

La gama de los **amarillos** es igualmente uniforme en su tecnología entre los dos conjuntos, así como en otros contextos teotihuacanos. El amarillo es un pigmento estrechamente vinculado en su tecnología a la gama de color rojo ya que su elaboración es a partir de materiales ferroarillosos. En Teotihuacan el pigmento amarillo utilizado en pintura mural se elabora en todos los casos estudiados con tierras naturales amarillas de goethita y caolinita a las que se le añade carbón, calcita y tierras rojas para obtener tonalidades claras y matices de saturación media con tendencia hacia el matiz rojizo.

La gama del color amarillo usada en el Conjunto Plaza de los Jaguares y en Amanalco muestra una notable uniformidad tecnológica, en lo relativo a materias primas utilizadas y a la formulación seguida para conseguir el matiz y tono final. Los pigmentos amarillos están elaborados a partir de una matriz blanquecina de calcita coloreada con tierras amarillas. A esta formulación “base” los artesanos del color teotihuacanos agregaban partículas del material terroso amarillo utilizado, pero en un grado de molienda inferior que el visto para la matriz, con tamaños muy variables que van desde 30 μm hasta más de 100 μm . Estos tamaños son muy superiores a las partículas que conforman la matriz, seguramente

buscando un aumento de la intensidad del pigmento. Esta particularidad tecnológica de agregar partículas de la propia materia prima generadora del color, pero de tamaños superiores se observa los pigmentos utilizados en otros contextos y soportes como el cerámico o el propio cuerpo humano. Así, los minerales hidratados de hierro como la limonita o la goethita son las materias primas que normalmente se identifican como material generador del color amarillo en Teotihuacan (Magaloni Kerpel 1996b; Torres Montes 1972; Littman 1973; Martínez García et al. 2012; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019; Maruf Martínez 2019; Guzmán García Lascurain 2019; Ruvalcaba Sil et al. 2021; Vázquez de Ágredos Pascual, Manzanilla y López Puértolas 2018a; O'Neil 2017; Gazzola 2009).

A esta mezcla de calcita y tierras amarillas, que es la base del pigmento, se le agregaban otras materias primas para aportar matices, tonos y propiedades físicas concretas al material como ocurre con todos los pigmentos teotihuacanos. A esta “base” del pigmento conformada por calcita y tierras naturales amarillas en diferentes grados de molienda, se le agregaba el carbón, también en diferentes grados de molienda, para generar el tono deseado. Finalmente, se ha advertido el uso de tierras naturales rojas de hematita y caolinita que también se agregaban al resto de materiales buscando el característico matiz rojizo del pigmento amarillo teotihuacano.

A pesar de la distancia temporal que separa los conjuntos de procedencia de los fragmentos de pintura mural bajo estudio, la tecnología del pigmento amarillo se perpetua y se transmite en el tiempo, trasmitiendo el conocimiento a los grados de molienda del carbón y de la cantidad requerida de este material y calcita para lograr la tonalidad deseada en el pigmento o de cuánta cantidad de tierras rojas añadir cuando se busca dar un matiz más rojizo. Los pigmentos amarillos caracterizados comparten las características tecnológicas observadas en otros conjuntos de la ciudad, mostrando de nuevo esta uniformidad tecnológica que envuelve a la producción de pigmentos teotihuacana.

Pocas veces en Teotihuacan, el pigmento amarillo se sale del patrón tecnológico descrito, sin embargo, en ciertos conjuntos se ha documentado una variación de esta “receta” de tierras naturales amarillas, carbón y calcita. En Amanalco se utilizó en el mural de las Grandes Aves una variante de pigmento amarillo a la que se le agregó malaquita para

dotar de un matiz verdoso a los pigmentos, reforzando el nexo existente entre el amarillo y el verde. Esto se observa en la muestra A12 del diagrama cromático (Figura 104), que es la que mayor tendencia hacia el verde tiene de todas las muestras de pigmento amarillo medidas.

Esta incorporación de polvo de malaquita a la formulación del pigmento amarillo ya fue registrada por Magaloni en Tetitla para tiempos Tlamimilolpa (150/200-350 d.n.e.), en la Segunda fase técnica de la pintura mural teotihuacana, hecho que evidencia todavía más la vigorosa continuidad tecnológica que muestra la industria del color en Teotihuacan a través del tiempo. Así pues, esta variación “verdosa” del típico pigmento amarillo teotihuacano se transmite entre generaciones de artesanos y su producción y uso en la pintura mural se documenta también en la Tercera fase técnica, ya para tiempos Xolalpan en otros conjuntos de la ciudad, así como en el mismo Tetitla. Esta variación se ha documentado en los últimos años en la escultura del Jaguar de Xalla y en los pigmentos amarillos del Conjunto Plaza de las Columnas, por lo que, de nuevo, fue un recurso tecnológico compartido y utilizado en conjuntos ubicados en dentro del núcleo principal de la ciudad (Muiños Barros 2019; Guzmán García Lascurain 2019; Magaloni Kerpel 1996b).

La ausencia de variación en la materia prima principal escogida por los teotihuacanos para elaborar el pigmento amarillo destinado a pintura, bien sobre soporte mural, bien sobre cerámica o en soporte pétreo resulta de gran interés de cara a indagar acerca del sistema productivo del color en esta urbe mesoamericana. La ausencia de otras materias primas conocidas y utilizadas por los artesanos del color como la jarosita abre nuevas cuestiones acerca de las elecciones tecnológicas de los artesanos del color. La jarosita es un mineral que se ha identificado en Teotihuacan en contextos rituales, como es el caso de los núcleos de pigmento amarillo depositados en el interior de una valva de *Spondylus crassisquama* y en la “boca” de una *Chama coralloides* procedentes de un depósito ritual del conjunto palaciego de Xalla u ofrendado como nódulo de color o aplicado en una pelvis humana en La Ventilla, lugar donde también se identificó goethita en el pigmento amarillo de la pintura mural (López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019; Ejarque Gallardo 2017; Gazzola 2009).

De esta manera, el uso diferenciado de los pigmentos en relación con su materia prima nos habla de una elección, bien por motivos económicos, bien por motivos técnicos o bien por preferencias socioculturales a la hora de escoger las materias primas para elaborar pigmentos según vaya a ser su uso. Una elección que se asocia tanto al valor intrínseco que poseían los pigmentos por la propia materia prima como por el origen de esta, tal y como se observa en las poblaciones mesoamericanas posteriores como los nahuas o los mayas del Posclásico (Dupey García 2018; Dupey García y Vázquez de Ágredos Pascual 2018a; López Luján et al. 2005; Tokovinine y McNeil 2012; Houston 2009).

Junto a lo anterior, esta elección de materias primas en función del uso que se le va a dar al propio pigmento remite a un sistema económico bien estructurado y sólido capaz de proveer las distintas materias primas requeridos por los artesanos teotihuacanos para elaborar las recetas de los pigmentos demandados por la ciudad. Esta idea refuerza la propuesta de que en Teotihuacan debió existir un sistema de producción de color organizado, estructurado y bien arraigado.

El color verde

Este juego de materias primas, mezclas y continuidad tecnológica adquiere toda su expresión en la gama de los pigmentos **verdes**. En esta gama de color, se observa claramente esta uniformidad en la formulación “base” utilizada para elaborar la gama de color verde. Sin embargo, y como ya viene siendo norma en Teotihuacan, cada conjunto muestra ciertas particularidades que lo diferencian del resto.

El recorrido temporal a través de la materialidad del pigmento verde permite observar cómo se ha dicho antes, continuidad. En el Conjunto Plaza de los Jaguares se han caracterizado en tiempos Tlamimilolpa las dos formulaciones típicas de los pigmentos verdes caracterizados posteriormente para tiempos Xolalpan en Amanalco y Tlajinga. Por un lado, un pigmento homogéneo de matriz blanquecina a la que se le agregan materias primas de color verde junto con algunos agregados traslucidos brillantes (Verde Tipo 1) y, por otro lado, un pigmento heterogéneo, de matriz calcárea a la que se le añade materia prima verde para

conformar una matriz de color verde claro. A esta formulación base se le agrega materia prima amarilla, materia prima negra y, por último, un material traslúcido para generar los típicos brillos de los pigmentos teotihuacanos (Verde Tipo 2).

Estas dos formulaciones son las que Magaloni identifica en los murales de Tetitla ya desde tiempos Miccaotli (100-170 d.n.e.) y denomina Verde Brillante (Verde Tipo 1) y Verde Seco (Verde Tipo 2). El Verde Tipo 1 es una preparación elaborada con calcita y caolinita para la matriz del pigmento, polvo de malaquita para generar el croma verde y polvo de cuarzo para dotar de brillos al pigmento. Este es un pigmento con un grado de saturación mayor que el Verde Tipo 2, debido a que las partículas de malaquita son de mayor tamaño y en mayor cantidad que en la otra variedad del pigmento. Por su parte, el Verde Tipo 2 se elabora con una materia prima verde que puede ser bien malaquita o bien pseudomalaquita, integrada en una matriz de calcita y caolinita a la que se le agregan tierras amarillas de goethita junto con cuarzo y carbón.

La identificación de pseudomalaquita para la elaboración de pigmento verde en Teotihuacan no es tan común como la malaquita habiéndose identificado únicamente en la pintura mural de la Ventilla. Sin embargo, en otros contextos de la ciudad como Teopancazco y Plaza de las Columnas se tienen indicios de su presencia probable en los pigmentos verdes en los pigmentos verdes ya que se identificó fósforo (P) en la composición elemental de los pigmentos verdes de los citados contextos (Gazzola 2009; Martínez García et al. 2012; Guzmán García Lascurain 2019).

De forma subyacente a la uniformidad de la “formula” base de los pigmentos verdes, sobresalen diferencias entre conjuntos en lo que se refiere a la materia prima utilizada para generar el croma verde en el pigmento, donde varía como se ha dicho entre la malaquita y la pseudomalaquita. Es en el conjunto más antiguo de todos, el de Plaza de los Jaguares, en dónde únicamente se ha identificado la mezcla de ambas materias primas para producir el pigmento verde. Además, la forma de hacer el Verde Tipo 1 responde a una elaboración algo distinta respecto a la vista 150 años después. La matriz que amalgama las partículas de malaquita y pseudomalaquita del Verde Tipo 1 del Conjunto Jaguares es notoriamente menos densa y más traslúcida que la observada en el resto de la paleta pictórica, hasta el

caso que apenas se vislumbra en algunos casos. Los resultados obtenidos permiten proponer el uso de agua de cal como vehículo del polvo de pseudomalaquita. Esta técnica de elaboración y aplicación del pigmento Verde 1 no se ha observado en ninguno de los conjuntos posteriores, pero es mencionada por Torres Montes (1972, 24–26) en su estudio de la pintura mural teotihuacana.

Así pues, unos 100-150 años después, esta técnica de elaboración, así como el uso combinado de materiales deja de ser utilizado según muestran los resultados de la investigación, sumado a la revisión de otros trabajos. En Amanalco, a pesar del amplio muestrario de pigmentos verdes que exhiben sus murales, solo se usó malaquita para elaborar el pigmento verde. Como en todos los contextos estudiados, la malaquita se presenta en forma de partículas verdes de matiz azulado y otras traslúcidas de color verde oscuro, algo que unido a los resultados elementales permite plantear la hipótesis de dos posibles fuentes de obtención de la malaquita, ya que ya que la presencia de elementos como As y Zn pueden estar vinculados a las fuentes de procedencia y aparecen de forma recurrente en otros pigmentos verdes de Teotihuacan (Guzmán García Lascurain 2019; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019; Maruf Martínez 2019; Muiños Barros 2019; Ruvalcaba Sil et al. 2021).

Otra particularidad de la tecnología del pigmento verde en Amanalco respecto a Plaza de los Jaguares y Tlajinga es la cantidad de malaquita y el tamaño de las partículas utilizado para elaborar los pigmentos. En este contexto el uso de este material llega a parecer una exhibición del nivel socioeconómico de los habitantes del complejo.

En todos los casos de este conjunto, el pigmento verde se elabora con una notoria cantidad de malaquita, en partículas de gran tamaño (80-200 μm), algo que se sale del patrón métrico que observa D. Magaloni en Tetitla para los pigmentos verdes de fase Xolalpan (tamaños inferiores a 50 μm) y de lo observado en un conjunto contemporáneo como es Tlajinga, donde la cantidad y el tamaño de las partículas verdes de pseudomalaquita es notoriamente inferior (*ca.* <50 μm). Otro aspecto para resaltar de este pigmento es su perdurabilidad y estabilidad, ya que, a pesar del tamaño de sus partículas, la densa matriz calcárea en la que están insertas hace que sea un pigmento estable, perdurable y de gran

viveza de color, puesto que los faltantes que se han observado en los fragmentos de pintura mural estarían pintados con pigmento azul como se argumenta más adelante.

La exuberancia, probablemente socioeconómica, que despliega el conjunto de Amanalco a través de sus pigmentos verdes contrasta sobremanera con el pigmento verde utilizado en Tlajinga. La estructura 2 de este conjunto presenta la ya conocida formulación del Verde 2 o seco si seguimos la nomenclatura de Magaloni, sin embargo, la cantidad de materia prima verde y sobre todo el grado de molienda de esta, difieren totalmente de lo visto en Amanalco como se expuso en el párrafo anterior. Otra de sus diferencias se encuentra en la materia prima usada ya que en Tlajinga se usa pigmento verde de pseudomalaquita, no de malaquita como ocurre en el Conjunto Plaza de los Jaguares en Amanalco, en Tetitla o en Plaza de las Columnas (Magaloni Kerpel 1996a; Guzmán García Lascurain 2019).

Lo anterior deriva en interrogantes como ¿Diferenciaban los teotihuacanos entre estas dos materias primas? ¿Responde o denota el uso de una u otra a distintos niveles socioeconómicos dentro de la ciudad? Estas dos cuestiones son complejas de responder, sin embargo, la técnica de elaboración que podemos observar en cuanto a la cantidad y grado de molienda de la materia prima generadora del croma verde es notoria y permite enlazar este uso material, sea malaquita o pseudomalaquita, con el acceso diferencial que se tiene en Teotihuacan a las materias primas y a los bienes de origen alóctono y por tanto de alto valor económico.

En Tlajinga se han documentado piezas de cerámica suntuaria y otro tipo de bienes alóctonos que indican que las capas socioeconómicas medias y/o bajas podían acceder en cierta medida y en cierta “cantidad” a este tipo de materias primas y bienes “lujosos”. De igual forma vemos que ocurre con los pigmentos, ya que en Tlajinga, la cantidad de pseudomalaquita usada para elaborar el pigmento verde, así como el tamaño de las partículas (15-50 μm) denotan un uso más moderado de esta costosa materia prima. Además del grado mayor de molienda de la pseudomalaquita junto con una menor cantidad en la mezcla, genera que los pigmentos de Tlajinga posean una saturación menor que los vistos en Plaza de los Jaguares o Amanalco. Visto esto, poder afirmar si estas diferencias

tecnológicas en los pigmentos de los conjuntos periféricos y del núcleo urbano son comunes y denotan un acceso diferencial a las materias primas en Teotihuacan resulta aventurado, sin embargo, son diferencias que no pueden pasarse por alto, ya que existen entre conjuntos y deben ser tenidas en cuenta de cara a futuras investigaciones en este ámbito.

Fuera de estos materiales de cobre y ahondando todavía más en esta problemática sobre la elección de materias primas y sus fuentes de obtención, el acceso diferencial a materiales y bienes de prestigio y usos de los pigmentos, es interesante traer a colación el caso de los pigmentos verdes caracterizados en el conjunto palaciego de Xalla. En este conjunto se identificó el uso combinado de dos materias primas en la elaboración de pigmentos verdes. Por un lado, para aplicar en los murales del conjunto y para pintar sus esculturas se utilizó un pigmento Verde Tipo 2 de malaquita en una matriz de calcita mezclada con cuarzo, goethita, mica y tierras verdes de glauconita y celadonita, mientras que, por otro lado, en los nódulos de pigmento verde se elaboraron con tierras verdes de glauconita y celadonita mezcladas con arcillas tipo caolinita y cuarzo.

Es interesante resaltar esta identificación las tierras verdes caracterizadas en distintos estadios productivos. Por un lado, como materia prima en forma de polvo depositado en lo debió ser un contenedor cerámico y por otro, como nódulos de color a los que se le agregó calcita para dotar de cuerpo al pigmento, así como cuarzo y mica para generar los tan deseados brillos y centelleos.

De nuevo, encontramos dentro de la formulación del pigmento Verde Tipo 1 de Teotihuacan (materia/s prima/s para la matriz + materia/s prima/s verde/s + agregados), cómo la uniformidad tecnológica de la “receta” es quebrada por pequeñas diferencias que hacen que cada conjunto tenga una seña de identidad. En Xalla, lugar donde se halló el segundo depósito de mica oaxaqueña más grande de la ciudad, se elabora el pigmento verde con glauconita y celadonita, materias primas con depósitos geológicos en las proximidades de los Valles Centrales de Oaxaca, al que se le añade precisamente mica, queriendo revelar el uso, quizás privilegiado, de esta materia prima por parte de los habitantes de este espacio arquitectónico. Hasta la fecha, el único reporte de tierras verdes de celadonita empleados en pintura mural es el de Littman (1973, p.178) aunque en este no especifica de qué conjunto

arquitectónico procede de los tres que estudia, Atetelco, Tepantitla o Tetitla (Linda R. Manzanilla et al. 2017; Rosales de la Rosa y Manzanilla 2011).

Por otro lado, estas tierras verdes han sido caracterizadas en escasas ocasiones en la ciudad, siendo en todas ellas identificadas en otros tipos de soportes diferentes a la pintura mural. Estas materias primas alóctonas, puesto que no hay afloramientos de este tipo reportados en las cercanías de la ciudad, se han caracterizado en contextos rituales asociados a un infante en La Ventilla, también en forma de nódulos de color, así como en algunos pigmentos verdes usados en la cerámica estucada y pintada postcocción. Lo anterior refiere de nuevo de la elección de materias primas en función del uso que se le va a dar al pigmento, tal y como se ha visto que ocurre con los pigmentos amarillos y con los rojos de cinabrio, utilizados generalmente en contextos rituales y/o para remarcar las acanaladuras hechas sobre lapidaria (Ejarque Gallardo 2017; López Puértolas 2017; Maruf Martínez 2017).

Así pues, parece que el pigmento Verde Tipo 1 elaborado con tierras de celadonita y/o glauconita se destinaba para soportes como el cerámico o para ofrendas en el contexto funerario. De este uso funerario se podría desprender la cuestión de si sería este un pigmento destinado a decorar el cuerpo humano en vida, quizás en festividades o en rituales específicos puesto que se usaba como parte de la parafernalia funeraria. Junto a esta cuestión, la ausencia hasta el momento de pigmentos terrosos verdes en pintura mural aporta nuevos datos acerca los distintos productos que la industria pigmentaria ofrecía en la ciudad, así como la selección de materiales según fuera a ser su uso. Derivado de esto surge la cuestión de cuál sería el motivo para escoger malaquita en vez de las tierras verdes, teniendo en cuenta la dificultad técnica que se requiere para obtener un pigmento de color vivo a partir de este mineral, además de su inestabilidad al ser aplicado en pintura mural. Lo anterior refuerza de nuevo la necesidad de realizad más estudios sobre la tecnología pigmentaria en Teotihuacan, para poder ahondar en la intencionalidad de estas elecciones de materias primas que se observan entre los conjuntos arquitectónicos.

El color azul

La última evidencia de continuidad tecnológica y robustez del sistema de producción de pigmentos en Teotihuacan se observa en la gama cromática de los “**azules**”. Se dispone entre comillas el término azul puesto que los resultados obtenidos permiten cuestionar la denominación dada a una de las variedades de “azul” que se han estudiado y analizado en esta investigación en particular y en Teotihuacan en general. Me refiero al color que en el capítulo anterior denominé Azul Tipo 2, con presencia en el Conjunto Plaza de los Jaguares y en el Conjunto de Amanalco. Este particular color ha sido documentado en trabajos anteriores, aunque hasta el momento no ha habido un consenso respecto a su terminología. Eso ha derivado en que cada autor/autora se ha referido a este color de una forma diferente, lo cual genera confusión sobre su naturaleza (Littman 1973; Magaloni Kerpel 1996a; Torres Montes 1972; Vázquez de Ágredos Pascual, Manzanilla, y López Puértolas 2018a).

Antes de adentrarnos y profundizar en las cuestiones tecnológicas y léxicas de este interesante pigmento, es preciso hablar de la otra variedad de azul identificado en esta investigación, al que se ha denominado Azul Tipo 1. Este pigmento posee estrechos lazos tecnológicos con los pigmentos verdes de cobre, ya que se elabora con la ya típica matriz de calcita y caolinita a la que se incorporan dos materias primas, por un lado, la principal y que aporta el croma azul al pigmento, la azurita, molida de manera precisa y regular para mantener el fulgurante e intenso color azul del mineral, con tamaños de grano situados en torno a 40-60 μm . Por otro lado, a esta formulación base, se le agregaba malaquita en un grado de molienda similar a la azurita, lo que genera un matiz verdoso al pigmento y aumenta la luminosidad de este.

Finalmente, los artesanos del color agregaban a la formulación descrita en el párrafo anterior, carbón, en cantidades notoriamente superiores respecto al resto de la paleta pictórica analizada. Posteriormente, en el proceso de amalgamar y homogeneizar el pigmento al ser finamente molido el pigmento con morteros pudiera alcanzar el tono oscuro que lo caracteriza. Este uso particular del carbón, agregado en cantidades muy superiores al resto de pigmentos, denotan la intención de los artesanos del color de generar un pigmento

oscuro, que rompe de alguna manera el uso de este material en el resto de los pigmentos, donde se usa de manera más comedida.

Este pigmento de intenso color azul lo hemos identificado únicamente en Amanalco, en una cantidad notoriamente inferior al pigmento Azul Tipo 2, aunque también es común encontrarlo en otros contextos de la urbe como en los murales de Tepantitla, en Tetitla o en Zacuala por citar algunos. Si bien la identificación de azurita o minerales de cobre en Teotihuacan para elaborar este pigmento es común en Teotihuacan, estos pigmentos siempre aparecen en murales ubicados temporalmente en fase Xolalpan, ya en la tercera fase tecnológica, como denota el trabajo de Magaloni (1996) así como otras identificaciones hechas en el Plaza de las Columnas (Guzmán García Lascurain 2019).

A pesar de tener una formulación similar, el Azul Tipo 1 que caracteriza Magaloni (1996) en Tetitla se identifica como una mezcla de malaquita y un sulfato de cobre, la calcantita, material no identificado en ningún otro azul de estas características. Como se ha visto en el caso de los verdes de tierras naturales y pseudomalaquita o en el rojo anaranjado de cinabrio, hay contextos que presentan pigmentos con una misma formulación base o genérica, en la que varía la materia prima principal con la que se elabora el pigmento y que es la que aporta la coloración. La existencia de este sulfato de cobre (calcantita) para elaborar el pigmento Azul Tipo 1 de Teotihuacan daría una pista más acerca del sistema de aprovisionamiento y acopio de materias primas en la ciudad además de reforzar las peculiaridades tecnológicas que presentan algunos contextos dentro de la formulación genérica “oficial” y que también se percibe en otros colores de la paleta pictórica teotihuacana.

Por otro lado, la escasa identificación de este pigmento Azul Tipo 1, tanto en Amanalco como en otros restos de pintura mural de otros contextos de la ciudad, puede deberse a la escasa estabilidad de las capas pictóricas de este pigmento. De toda la paleta revisada, es sin duda el pigmento cuyas capas presentaban una menor adherencia y estabilidad a la capa subyacente de estuco. Durante la revisión del corpus de fragmentos de pintura mural del conjunto Amanalco se han documentado numerosos casos donde el mural presentaba faltantes, dejando expuesto la capa de enlucido de estuco. La revisión mediante

microscopía y los análisis llevados con XRF han revelado la presencia en estos casos de pigmentos azules de cobre, algo ya reportado para la pintura mural teotihuacana, por lo que este pigmento se habría utilizado de manera algo más extensa.

A pesar de lo anterior, el uso de este pigmento azul de azurita es escaso, algo que no ocurre con el verde. Y este vínculo con el pigmento verde no es trivial, puesto que malaquita y azurita son dos minerales cuyo origen geológico está relacionado, siendo dos minerales que suele aparecer asociados en los yacimientos mineros por lo que es plausible pensar en que ambas materias primas de obtuvieran de las mismas zonas geográficas y mediante las mismas vías de intercambio.

El conocimiento actual que se tiene sobre este pigmento en Teotihuacan permite afirmar que es una formulación que se desarrolla y emplea a partir de la Tercera fase técnica de la pintura mural teotihuacana, en torno a 350 d.n.e., momento donde se deja de usar el cinabrio en la pintura como se expuso anteriormente. Como se señaló, esta no es una fecha cualquiera en la historia de Teotihuacan puesto que en torno a este momento de 350 d.n.e. Xolalpan es la fase donde la paleta pictórica alcanza su cénit en cuanto a riqueza y variedad lo que está directamente relacionado con el máximo apogeo de la cultura teotihuacana, cuando expande al máximo sus redes de aprovisionamiento de materias por toda Mesoamérica.

Es plausible pensar entonces que, derivado de este auge de la ciudad, aumentara la capacidad de obtener recursos foráneos y suntuarios como la azurita y se produjera así la irrupción de este Azul Tipo 1. Pero entonces, si este es el momento de máximo auge de la ciudad y el momento en el que sus redes de acopio de materias primas adquieren su mayor auge y desarrollo cabe preguntarse: ¿Qué ocurre con el cinabrio? ¿Por qué deja de usarse para tiempos Xolalpan en la pintura mural? Estamos lejos de conocer la respuesta a estas interrogantes, sin embargo, es otra muestra más del potencial que tiene el color como objeto de estudio arqueológico, ya que las cuestiones relativas a su tecnología se intercalan de manera inexorable con el propio devenir histórico de Teotihuacan.

Con todo, y así como parece que se puede relacionar el surgimiento y uso del Azul Tipo 1 a la fase Xolalpan, caso aparte sucede con el que se ha denominado a lo largo de la

investigación como Azul Tipo 2, cuya producción y uso en Teotihuacan está bien documentado desde tiempos Tlamimilolpa (170/200-350 d.n.e.) en Tetitla, donde se usa de manera modesta, tal y como sucede para este periodo en el Conjunto Plaza de los Jaguares. Ya durante el apogeo acaecido durante la fase Xolalpan y reforzando todavía más el paralelo con lo identificado en Tetitla, este pigmento se convierte en uno de los fundamentales de la paleta pictórica teotihuacana, tal y como exhibe el conjunto de Amanalco.

Así, se tiene constancia de este pigmento desde tiempo atrás, sin embargo, éste ha sido, sin duda, uno de los que mayor intriga ha generado entre los especialistas debido a la dificultad para su caracterización. Pero esta no se ha ceñido únicamente a su caracterización sino también a su denominación, puesto que las nomenclaturas que se le han dado hablan por sí solas. En toda la literatura revisada, tanto informes de excavación como publicaciones, se le denomina y se le otorga sin duda el grado de pigmento azul, en algunos casos dotándolo de adjetivos calificativos alusivos a su característica baja saturación y su matiz grisáceo. Este color ha sido denominado por D. Magaloni (1996, p. 211) como Azul Ultramar en Tetitla, como Azul Grisáceo por L. Torres Montes (1972, 25) o como Azul Teotihuacano en Teopancazco por M. Vázquez de Ágredos y el autor de esta tesis doctoral (2018b, 289) o simplemente azul por J. Gazzola (Gazzola 2009).

La amplitud de adjetivos dados a este pigmento denota la subjetividad implícita en la definición del color, en la que influye múltiples variables como la hora del día a la que se observa, el tipo de iluminación, si el pigmento está exento o inserto en el mural original etcétera. Es sustancial tener en cuenta estas particularidades ya que ocurre algo significativo y es que al observar el pigmento aislado o verlo dispuesto en el mural, combinado con otros colores, la percepción de este cambia notoriamente. Algo interesante es el uso que se los teotihuacanos le daban a este pigmento, ¿qué pintaban con este color? En Amanalco, donde el uso de este pigmento es profuso y amplio, se utiliza tanto para pintar bandas rectangulares que funcionan como cenefa como para remarcar detalles de las composiciones a través de superposiciones con capas veladas de este pigmento.

Junto a lo anterior, se ha observado su uso reiterado para pintar fondos donde se superponen caracoles seccionados, aludiendo quizás de esta forma a un ambiente acuático.

No por ello se puede afirmar que los teotihuacanos usaran este pigmento como un azul derivado de su asociación con el medio acuático, puesto que ¿de qué color es el agua?, sin embargo, puede ser un buen punto de partida para futuras investigaciones que tengan el objetivo de abordar el uso y significado de este pigmento en esta urbe prehispánica.

Para solucionar el problema de la nomenclatura de este pigmento es posible apoyarse en los estudios colorimétricos que se han realizado en esta investigación. En todas las mediciones realizadas sobre este pigmento, tanto en Plaza de los Jaguares como en Amanalco, este pigmento evidencia valores que exigen a denominarlo y clasificarlo como un gris de matiz azulado. Es por ello por lo que de aquí en adelante denominaremos Gris azulado al que hasta el momento se ha denominado Azul Tipo 2.

Si compleja ha sido su denominación más si cabe ha sido su caracterización. Sobre este pigmento se ha escrito que estaba elaborado con índigo, con crisocola, con manganeso o con un material orgánico indeterminado (Torres Montes 1972; Magaloni Kerpel 1996a; Littman 1973; Vázquez de Ágredos Pascual, Manzanilla y López Puértolas 2018a; Gazzola 2009).

Sin embargo, a pesar de la resistencia de este pigmento para que fuera revelada su tecnología, la batería de técnicas llevada a cabo en esta investigación y los análisis a nivel de micras realizado, ha permitido caracterizar este pigmento como una formulación elaborada principalmente con carbón y calcita. A partir de esta formulación aparentemente sencilla se esconden los procesos técnicos que hay detrás para lograr el característico matiz azulado de este pigmento. De su tecnología se ha podido revelar la finura de sus partículas, superior a la vista en las otras gamas de pigmentos, también la homogeneidad de su formulación, puesto que se trata de un pigmento cuya matriz no amalgama otro tipo de partículas tal y como ocurre en el resto de la paleta pictórica. La matriz gris azulada de este pigmento es compacta, de grano muy fino y con un alto poder cubriente.

La observación de esta particular matriz deja entrever parte de los secretos de su elaboración, ya que se observa una homogeneidad en cuanto al tamaño de las partículas de carbón y de calcita, observando como ambos materiales se encuentran mezclados con partículas blancas de calcita adheridas y mezcladas a las de carbón. Dentro de la

homogeneidad de la matriz y de los tamaños de partículas que se observa de manera superficial se han documentado dispersas por toda la matriz partículas de carbón de mayor tamaño que las observadas en la matriz y de un profundo color negro opaco, diferente al matiz azulado de la matriz gris del pigmento.

Junto a las partículas de carbón se ha identificado en algunos casos, otro componente más en la formulación empleada por los artesanos del color, y es la hematita, agregada en este caso en una cantidad muy baja vista la escasa pero continua presencia por la matriz de diminutas partículas de este óxido de hierro tan conocido por los teotihuacanos. La adición de este mineral ferroso dota al pigmento de un matiz rojizo, lo que aunado al matiz azulado propio del mismo genera un cierto matiz violáceo. Esta tendencia hacia el matiz rojizo de un grupo de los pigmentos grises azulados se observa perfectamente en el diagrama cromático de Amanalco (Anexo, p. 310).

La formulación de este Gris azulado vista en Amanalco se identifica de manera idéntica en el Conjunto Plaza de los Jaguares para tiempos Tlamimilolpa tardío, 150 años antes que en Amanalco. Así, como ocurre con el resto de paleta pictórica estudiada, este peculiar pigmento denota y refuerza la pervivencia y transmisión entre generaciones de artesanos de la “receta” del pigmento, de sus materias primas, del grado de molienda de cada una de ellas, de cuanta cantidad de cada una agregar y de cómo mezclar los diversos materiales, todo ello buscando obtener un matiz muy concreto y definido.

Este pigmento, elaborado a partir de materiales que nada tiene que ver con el color azul, hace que nos cuestionemos acerca de cómo se consigue dotar ese matiz azulado a partir de materias primas que en un principio no disponen de este color como la calcita, el carbón o la hematita. El primer paso a responder esta cuestión es cuestionarnos acerca de qué tipo de carbón, puesto que es bien sabido que en el mundo mesoamericano del Clásico en general y en Teotihuacana en particular se trabaja con tres tipos de materias primas de carbón para elaborar pigmentos negros, el negro de carbón, elaborado con carbón vegetal, el negro de humo, elaborado con el tizne que genera la combustión de madera y el negro de hueso, elaborado mediante la combustión a temperaturas concretas de material óseo.

De nuevo la metodología aplicada ha permitido aproximarnos a esta cuestión. Mediante la microscopía electrónica de barrido se ha detectado la presencia de fósforo en el pigmento Gris azulado identificado en Plaza de los Jaguares. A su vez, mediante la espectroscopía Raman es posible diferenciar entre carbón vegetal, de tizne o de hueso a partir de la variación del doble pico característico del carbón de hueso en 1358 ± 2 y 1593 ± 2 (Tomasini et al. 2012; 2015; Guzmán et al. 2016).

Como se expone en el capítulo anterior, los datos obtenidos por esta investigación permiten proponer la utilización de dos tipos de carbón para elaborar este pigmento, por un lado, negro de hueso utilizado para elaborar la matriz del pigmento y por otro carbón vegetal con un grado de molienda menor para variar el tono del pigmento, tal y como se observa en el resto de la paleta pictórica.

El hueso era un material común y ampliamente utilizado tanto en otras industrias de la ciudad como la de los atavíos e incluso en los pigmentos, ya que en Xalla se identificó fosfato de calcio finamente molido como materia prima utilizada para elaborar un pigmento de matiz anaranjado. Junto a esto, tratados de pintura como el de Max Doerner (2011) especifican el matiz azulado auspiciado por la presencia de fosfato de calcio. Estos cambios del color del material óseo están vinculados también al proceso de calcinación a los que se somete el hueso. Sin embargo, es necesario profundizar la investigación en este sentido, incluyendo la arqueología experimental, para determinar finalmente que tipos de negro de carbón se utilizaron en Teotihuacan para producir color gris de matiz azulado (Doerner 2011; Barba Pingarrón y Rodríguez 1990; López Puértolas, Manzanilla Naim y Vázquez de Ágredos Pascual 2019).

Esta mezcla entre carbón y calcita para obtener estos matices azulados no es exclusiva de Teotihuacan. A pesar de la rareza que supone las materias primas utilizadas en su elaboración, Diana Magaloni identifica en varios sitios del Clásico de Área Maya como La Sufricaya (ca. 400-450 d.n.e.), la estructura del Hunal de Copán (ca. 430 d.n.e.), en Bonampak (Clásico tardío), en Uxmal (Clásico tardío y terminal) y en Xuelén (Clásico tardío) un pigmento gris azulado elaborado con una mezcla de carbón y calcita con trazas de azurita (Houston 2009, 80; Magaloni Kerpel 2001, 174 Tabla 3).

Sin interpretar más allá de lo que nos permiten los datos y sin pretender entrar en el terreno especulativo, la identificación de esta formulación para este matiz tan particular del pigmento no hace más que generar más interrogantes y cuestiones relativas a la interacción entre el Centro de México y el Sureste durante el periodo Clásico. Un tema de plena actualidad dado los hallazgos de los últimos años en el conjunto Plaza de las Columnas.

Una manera de hacer: el estilo tecnológico del color en Teotihuacan

A partir de lo expuesto anteriormente, considero que existen los argumentos suficientes para plantear que en Teotihuacan existe un estilo tecnológico estandarizado en el ámbito de la tecnología del color para la temporalidad de los murales estudiados. Un estilo tecnológico fundamentado en el uso de pigmentos terrosos elaborados a partir de una formulación básica, rígida, asentada y transmitida en el tiempo. Este hecho contrasta con la tecnología del color de otras regiones de Mesoamérica como por ejemplo el caso de Oaxaca con las tumbas zapotecas en Monte Alban o en el área maya y su pintura mural, donde hay una gran diversidad en las fórmulas de los pigmentos con base en variaciones de matiz, tono y superposiciones pictóricas.

Sin embargo, y como sucede con muchos otros aspectos de la cultura teotihuacana, dentro de este aparente inmovilismo en las “recetas” de los pigmentos hay brotes de cierta “irreverencia” e “identidad” entre los diferentes conjuntos arquitectónicos estudiados. Lo anterior se puede trasladar a otras industrias de la ciudad, como es el caso de la industria de las piedras verdes, donde se da una imitación del patrón estilístico, pero con los recursos disponibles en cada lugar. Algo similar parece que ocurre con la industria del color como se argumentó en el apartado anterior.

Algo diferente ocurre con la técnica de aplicación de los pigmentos en el soporte mural. Si bien no es objeto de estudio de esta investigación, los resultados obtenidos obligan a tratar, aunque sea de manera puntual, este aspecto, ya que, por otro lado, la tecnología de los pigmentos está inexorablemente asociada a la técnica de aplicación de éstos.

Los resultados que se desprenden de esta investigación indican la presencia de materiales orgánicos, utilizados posiblemente aglutinante como son los lípidos para época Tlamimilolpa Tardío/Xolalpan (ca. 300-400 d.n.e.), tal y como se desprende de los resultados

de Tlajinga. Los marcadores de materiales orgánicos son claros como se expuso en el anterior capítulo, sin embargo, deben ser tomados con cautela, ya que para poder hablar de una nueva técnica pictórica en Teotihuacan deben realizarse más análisis que confirmen y corroboren lo identificado en este conjunto. Estos resultados aportan un dato más al ya cuestionado tema de la técnica pictórica teotihuacana ya que la advertencia sobre la posible presencia de aglutinantes orgánicos en Teotihuacan no es nueva, ya que se ha propuesto la identificación de baba de nopal en las pinturas sobre adobe halladas en las subestructuras del complejo 1D de la Ciudadela (*ca.* 150 d.n.e.) y son varios los trabajos de conservación sobre pintura mural que han propuesto la utilización de aglutinantes orgánicos en la pintura mural teotihuacana de forma coetánea al uso de pintura al fresco o mixta (Martínez Sales 2018; Jiménez Cosme 2010).

Unido a lo anterior, y reforzando todavía más la evidencia de uso de aglutinantes orgánicos está el hecho de que la existencia de pintura mural sobre adobe en etapas temporales tardías, no únicamente en las etapas tempranas. Durante la investigación, hemos observado y revisado fragmentos pintura mural monocroma, bicroma y policromada con diseños complejos en dos de los tres conjuntos estudiados. La técnica de pintar sobre adobe requiere necesariamente de un aglutinante que fije el pigmento al muro, ya que al no estar la capa preparatoria de estuco no se produce el proceso de carbonatación que fija el pigmento al muro. Como se señala un par de párrafos arriba, en los niveles pre-Ciudadela se documentó pintura mural sobre adobe, identificándose baba de nopal como material aglutinante (Martínez Sales 2018).

Una vez tratado de manera sucinta el tema de la técnica pictórica es momento de abordar una cuestión principal en el marco de la propuesta de aproximación teórica y metodológica a la investigación del color que se plantea en esta tesis como es el estilo tecnológico.

Con relación a lo anterior, los resultados fisicoquímicos expuestos permiten proponer que existe un estilo tecnológico del color genuino en Teotihuacan, que se perpetúa en el tiempo y que se transmite de generación en generación. Un estilo tecnológico que, en el espectro temporal observado, se fundamenta en pigmentos arcillosos elaborados con una

“receta” básica en la que el uso del carbón y de materiales con propiedades ópticas como el brillo y la iridiscencia es imprescindible.

Así pues, el estilo tecnológico del color teotihuacano se puede delimitar a partir de la definición colorimétrica de la paleta pictórica, de la caracterización de los componentes de su matriz y las principales características físicas de éstos, así como de los agregados. De esta manera, los resultados obtenidos junto a la revisión de otros contextos teotihuacanos donde se cuenta con estudios de esta índole permiten proponer una serie de indicadores que se perpetúan a través del tiempo y el espacio fungen como marcadores de un estilo tecnológico en los pigmentos teotihuacanos definido. Los indicadores referidos y que se explicaran a continuación son la luminosidad y el matiz de la paleta pictórica, las matrices arcillosas, el carbón y los materiales con propiedades ópticas.

El primero de ellos se define a partir del análisis colorimétrico de los pigmentos, donde se observan gamas cromáticas y tendencias de matiz claras en toda la paleta pictórica. Estas preferencias de matiz en las gamas cromáticas de los tres conjuntos no poseen variaciones abruptas, sino que están definidas y son concordantes entre sí. Lo anterior se puede observar en la gama de los rojos en la que los artesanos teotihuacanos exhiben toda su delicadeza, perfección y conocimientos. Otro ejemplo se encuentra con los colores amarillo y verde, en los que se utilizan materias primas de color amarillo como la goethita y de color verde como la malaquita o la pseudomalaquita para generar matices amarillentos en el primero y verdosos en el segundo. Esta es una característica que se observa en todos los conjuntos arquitectónicos en los que se han llevado a cabo análisis de la paleta pictórica.

De la misma manera, esta búsqueda de equilibrio y estabilidad en los matices de los pigmentos teotihuacanos se lleva hasta el momento mismo de la aplicación de estos sobre el muro. En este sentido, Teotihuacan no exhibe ningún ápice de variación en el matiz de los colores a través de superposiciones de capas pictóricas, algo que se ve en otras áreas como la maya o la zapoteca.

En Teotihuacan, si bien hay superposiciones pictóricas, éstas se realizan mediante capas densas y cubrientes de pigmento, por lo que no se generan nuevos matices, en Teotihuacan el color se plasma en el muro de forma nítida, pura, sin veladuras. Los artesanos

juegan con los matices y tonos de los pigmentos a través de las mezclas de materias primas que posteriormente aplican los diferentes soportes utilizados, entre ellos, la pintura mural.

El segundo de los indicadores se encuentra en la matriz del pigmento. Mediante el uso de arcillas blancas, transparentes y parcialmente traslucidas como la caolinita o con alto poder emulsionante como la montmorillonita los artesanos del color teotihuacanos generan pigmentos terrosos, densos y de alto poder cubriente. Estas arcillas en ocasiones se combinan con carbonatos de calcio, fungiendo así como cementantes y proporcionando una estructura que amalgama el resto de materias primas

La presencia de estos dos tipos de arcilla en las matrices de los pigmentos puede hablarnos de la explotación de distintos yacimientos y de las redes de obtención de materias primas. Lo anterior nos habla de variedad de los yacimientos de obtención o incluso de elecciones llevadas a cabo por los artesanos por motivos técnicos derivados del uso de uno u otro tipo de arcilla. Cuestiones como qué lleva a un artesano a utilizar una arcilla u otra o cuáles son las propiedades que genera una arcilla tipo caolinita o una arcilla tipo montmorillonita al pigmento o si la utilización de una u otra se debe a diferentes redes de acceso a materias primas en la ciudad están todavía por resolver.

Así pues, el uso de varios tipos de arcillas en la elaboración de los pigmentos teotihuacanos aporta más incógnitas a la ya poco conocida cuestión sobre las vías, redes y mecanismos de obtención y acceso a los recursos necesarios que garantizaran las demandas de una ciudad como Teotihuacan. Este punto es de suma importancia para comprender en profundidad el sistema tecnológico del color en esta urbe del Clásico mesoamericano, por lo que es imperante afrontar en futuras investigaciones cuestiones sobre los yacimientos y redes de aprovisionamiento de materias primas.

Dentro del ámbito de las materias primas con las que se elaboran los pigmentos, concretamente en los agregados, es donde se encuentran los dos últimos indicadores del estilo tecnológico del color teotihuacano. Estos indicadores son por un lado el uso de carbón como materia prima principal y básica en la elaboración de los pigmentos y por otro el uso de materias primas que generen brillos, reflejos e iridiscencias en estos.

El tercero de los marcadores del estilo tecnológico del color de los teotihuacanos es el carbón como se menciona en el párrafo anterior. Esta investigación ha corroborado el uso de este material en toda la paleta pictórica teotihuacana, evidenciando también una continuidad temporal en su utilización. Algo que también se observa en otros conjuntos de la ciudad previamente estudiados como Tetitla, Plaza de las Columnas o el complejo palaciego de Xalla entre otros. El carbón se usa de dos formas diferentes. Por un lado, como un agregado para variar la luminosidad en los colores rojos, rosas, amarillos, verdes y azul y por otro, como de materia prima generadora de croma en el pigmento gris azulado.

Las diferentes formas de uso del carbón en la tecnología del color teotihuacana generan varias cuestiones. En este sentido, los resultados expuestos evidencian una maestría técnica en la utilización de este recurso por parte de los artesanos teotihuacanos. Derivado de esto surgen las siguientes cuestiones: ¿Cómo se consigue el matiz azulado mediante la mezcla de carbón y calcita? ¿Por qué se utiliza el carbón en un mismo pigmento en diferentes grados de molienda? ¿Qué efectos genera lo anterior en la luminosidad o saturación del pigmento? o ¿Qué tipo de carbón se está utilizando? Todas ellas son sumamente interesantes de cara a profundizar en el conocimiento de la industria pigmentaria teotihuacana y si bien han quedado sin resolver en esta investigación, se seguirá ahondando en ellas en futuros trabajos.

El cuarto y último de los indicadores del estilo tecnológico del color que ha evidenciado esta investigación es el uso de materias primas que tuvieran la capacidad de generar reflejos, brillos o iridiscencias en los pigmentos una vez aplicados en sus soportes. Para ello, los artesanos pigmentarios de Teotihuacan se valieron principalmente de tres materias primas como son la mica, valiosa y escasa pero presente sobre todo en pigmentos verdes y algunos amarillos, el cuarzo, brillante y traslúcido utilizado en los pigmentos rosas, rojos, verdes o azules y entre todos ellos, destaca la hematita especular, presente únicamente en el característico color rojo teotihuacano. Este particular material posee en sí mismo dos cualidades ópticas muy apreciadas por los teotihuacanos como es el brillo y la iridiscencia.

De un metálico y profundo color negro, la iridiscencia de la especularita no debe pasar desapercibida ni desatendida. Este material debió tener un uso específico y concreto dentro de la tecnología del color teotihuacana. Su capacidad de generar brillos e iridiscencia atrajo a los teotihuacanos, ya que el brillo es una de las propiedades más demandadas en las materias primas, además del color. Las propiedades ópticas señaladas también se buscan en otras materias primas como es el caso de bivalvos y conchas utilizadas en los atavíos y la parafernalia ritual o la iridiscencia que genera la pirita utilizada en polvo como ocurre en la bóveda del túnel situado bajo el templo de la Serpiente Emplumada, por citar algunos ejemplos. En este sentido me planteo las siguientes cuestiones ¿Cuál es entonces el significado del uso de los materiales con propiedades ópticas en las artes y la arquitectura teotihuacana? ¿Cuál es el motivo del uso de estas materias primas en los pigmentos?

En relación con las anteriores cuestiones, en trabajos previos, D. Magaloni relaciona el uso del rojo teotihuacano en los fondos de los murales con la intención de emular contextos nocturnos, relacionando la iridiscencia generada por la hematita especular con la simulación del firmamento contemplado por los antiguos habitantes de la ciudad. Algo que puede trasladarse a otros materiales como el cuarzo y mica, aunque las implicaciones culturales derivadas del uso de uno u otro material pudieran ser diferentes.

Sea como fuere, lo cierto es que este gusto por los materiales con estas particulares propiedades lumínicas traspasa fronteras geográficas, culturales y temporales no solo en Mesoamérica, sino también en los pueblos nativos del Norte de México y Sudeste de EE. UU., lo que denota la importancia de investigar desde otras ópticas y perspectivas el significado que hay implícito en el uso de ciertos materiales. En Mesoamérica el valor de las materias primas se configura, como sucede en muchos otros aspectos, a partir de la conjugación de varios aspectos: el valor *per se* de la propia materia prima, las condiciones geográficas de su lugar de obtención (si el yacimiento es a cielo abierto o subterráneo, por ejemplo) y las asociaciones mágico-religiosas del mismo (Munson y Hays-Gilpin 2020; Saunders 2002).

Así pues, la estabilidad de matices, el uso de arcillas, del carbón y de materiales con propiedades ópticas, son los marcadores de un estilo tecnológico propio, de una forma de hacer materias colorantes que los artesanos teotihuacanos desarrollan durante

aproximadamente cinco centurias. Durante este lapso temporal los artesanos del color realizaron un proceso de búsqueda, dominio y perfeccionamiento de su arte en la medida en que, la técnica, se adapta a las necesidades y exigencias de la demanda imperante, logrando crear y perpetuar un estilo tecnológico marcado y definido. Por lo tanto, la elección de los materiales, la técnica de procesamiento y el mezclado de estos están determinados por una metodología preconcebida y estudiada, que ha traducido las exigencias conceptuales y formales en soluciones plásticas y técnicas concretas (Magaloni Kerpel 1996b, 188).

De esta manera, los pigmentos teotihuacanos fueron resultado de procesos productivos complejos con base en un conocimiento adquirido y transmitido durante generaciones. Los conocimientos que tuvieron los artesanos acerca de las materias primas para conseguir pigmentos con materiales tan dispares en color y dureza como el carbón y la calcita, la malaquita, la azurita, las diferentes arcillas o el cuarzo con el objetivo de conseguir una propiedad concreta ejemplifican la complejidad técnica que hay detrás de la manufactura de los pigmentos que embellecieron la urbe.

A lo anterior hay que unir el posible uso de energías para dar tratamientos particulares a los pigmentos como el fuego para preparar o conseguir ciertos matices en las materias primas que posteriormente se utilizan para elaborar los pigmentos. Este uso de la pirotecnología en la producción de pigmentos no ha sido demostrado en Teotihuacan, pero no por ello debe quedar descartado. Con relación a lo anterior, cabe preguntarse si el hecho de haber identificado negro de hueso en la pintura mural del conjunto Amanalco es ya una evidencia de pirotecnología aplicada a los pigmentos. Sea como fuere, existen pruebas en otras regiones y temporalidades del uso del fuego en la industria pigmentaria, como por ejemplo el uso del fuego que usan los artesanos del color nahuas para, por ejemplo, conseguir el *tizatl* obtenido de depósitos lacustres, tal y como ilustra y describe el capítulo 11 del libro 11 del Códice Florentino o la identificación de hematita tratada térmicamente en algunos sitios de la región maya (Sahagún 1577; Magaloni Kerpel 2001).

Así como he observado un estilo estandarizado en la tecnología pigmentaria teotihuacana, algo diferente parece ocurrir con la técnica pictórica de los pigmentos en el

soporte mural. Si bien no es objeto de estudio de esta investigación, los resultados obtenidos obligan a tratar, aunque sea de manera puntual, este aspecto, ya que, por otro lado, la tecnología de los pigmentos está inexorablemente asociada a la técnica de aplicación de éstos.

En este sentido se ha identificado baba de nopal en las pinturas sobre adobe halladas en las subestructuras del complejo 1D de la Ciudadela (*ca.* 150 d.n.e.) y son varios los trabajos de conservación sobre pintura mural que han propuesto la utilización de aglutinantes orgánicos en la pintura mural teotihuacana de forma coetánea al uso de pintura al fresco o mixta. A este respecto, los resultados que se desprenden de esta investigación aportan un dato más a la ya debatida presencia de aglutinantes orgánicos en la pintura mural teotihuacana. Las señales de compuestos metileno (CH_2) en los pigmentos de los conjuntos arquitectónicos de Tlajinga plantean el posible uso de algún compuesto orgánico como aglutinante para época Tlamimilolpa Tardío/Xolalpan (*ca.* 300-400 d.n.e.), tal y como se desprende de los resultados del FORS en el citado conjunto arquitectónico (Jiménez Cosme 2010; Martínez Sales 2018).

Cómo se expuso en el anterior capítulo, los marcadores de estos compuestos son claros, sin embargo, deben ser tomados con cautela, ya que para poder hablar de una nueva técnica pictórica en Teotihuacan deben realizarse más análisis que confirmen y corroboren lo identificado en este conjunto. No obstante, los rastros o indicios acerca de los aglutinantes orgánicos en la pintura mural teotihuacana no es algo nuevo como se señaló anteriormente.

Con relación a lo anterior, la existencia de pintura mural sobre adobe refuerza la hipótesis sobre el uso de aglutinantes orgánicos. La técnica de pintar sobre tierra requiere necesariamente de un aglutinante que fije el pigmento al muro, ya que al no tratarse de un fresco y no contar con la capa preparatoria de estuco, no se produce el proceso de carbonatación que fija el pigmento al muro. Durante la investigación, hemos observado y revisado fragmentos pintura mural sobre adobe monocroma, bicroma y policromada con diseños complejos tanto en el Conjunto Plaza de los Jaguares como en los dos conjuntos de Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco, hecho que refuerza de nuevo la posibilidad del uso de algún componente orgánico en la técnica pictórica teotihuacana.

El último punto de interés a traer a colación en esta discusión sobre el estilo tecnológico del color teotihuacano es la cuestión de si éste sigue los mismos diseños de lo que ocurre con el estilo pictórico tras el colapso y declive de la sociedad clásica y si participa del proceso de sincretismo que se genera con las sociedades epiclásicas. Derivado de lo anterior cabe preguntarse: ¿Es posible aplicar el concepto de tradición al estilo tecnológico de los pigmentos teotihuacanos? Queda mucho para poder dar respuesta a estas incertidumbres, ya que el conocimiento que se tiene en cuanto a tecnología pigmentaria en época post-teotihuacana es escaso. Sin embargo, para que podamos hablar de tradición es necesario que los elementos característicos de los pigmentos teotihuacanos se perpetúen en amplios periodos temporales y traspasen las fronteras regionales de su propia área geográfica inmediata.

Para el área maya sería interesante investigar estas cuestiones, sobre todo a partir de la conocida como “entrada” de Sihyaj K’ahk’ (Búho-lanzadardos) alrededor de 378 d.n.e y en los momentos de mayor presencia de elementos teotihuacanos en la región. Si bien es cierto que las técnicas y tecnología del color en área maya tiene un carácter propio muy marcado, la profusión de elementos teotihuacanos como el relieve el Templo 5 del Grupo Norte de Palenque, el estilo talud-tablero en sitios como Kaminaljuyú o la estela de Los Horcones entre muchos otros podría ser un punto de investigación para estas interrogantes (Estrada-Belli et al. 2009; Nondédéo, García-Gallo y Martín 2019).

Por otro lado, en sitios como Cacaxtla, es evidente el sincretismo que se da entre las tradiciones pictóricas del Centro y Sureste mesoamericano. La combinación de colores, materiales, estilos y técnicas pictóricas son reflejo claro de un periodo de grandes movimientos poblacionales y de reestructuración de la sociopolítica mesoamericana, sobre todo del área centro. El aplicar esta aproximación de investigación a los pigmentos utilizados por las sociedades epiclásicas como Xochicalco o Tajín permitiría ampliar el conocimiento que se tiene de este interesante periodo. Además, permitirá evaluar si Teotihuacan logró exportar más allá de sus fronteras su forma de elaborar color.

Conclusiones

Expuesto todo lo anterior es momento de dar cierre a la presente investigación. Esta tesis comenzó con la intención principal de ahondar y profundizar en el conocimiento tecnológico del color en Teotihuacan, lo cual se ha cumplido con éxito. La consecuencia de este objetivo de investigación ha dejado entrever la potencialidad que tiene el color para ser investigado desde una perspectiva arqueológica.

De esta investigación se desprenden varios puntos a resaltar. Uno de ellos es el hecho de la importancia de utilizar métodos objetivos de cara a denominar los colores de manera estandarizada. El léxico cromático es de capital importancia de cara a generar un marco común de entendimiento entre los investigadores dedicados al color. La subjetividad implícita en el uso de adjetivos calificativos utilizados para designar el matiz y tono de un color basados en la mera observación o en similitudes con pigmentos de otras regiones y temporalidades ha demostrado ser una práctica ineficiente y confusa. Como se ha argumentado a lo largo del manuscrito, los avances técnicos en el campo de la colorimetría deben ser de obligado uso en las investigaciones acerca del color. Solo así, se podrá avanzar en el conocimiento integral de las paletas pictóricas mesoamericanas sin caer en imbricados laberintos de definiciones y nomenclaturas.

Además, la investigación realizada ha aumentado número de las materias primas conocidas que fueron utilizadas para producir pigmentos en Teotihuacan, ha evidenciado las continuidades y diversidades tecnológicas existentes entre los conjuntos arquitectónicos de manera sincrónica y diacrónica, nuevas mezclas de materias y, por último, ha arrojado nuevos datos que aportan más cuestiones sobre el uso de aglutinantes orgánicos en la pintura mural teotihuacana. Con todo, la complejidad tecnológica y técnica observada en los tres conjuntos departamentales refuerza una vez más la necesidad imperante de hacer más estudios de este orden en otros conjuntos y sectores de la ciudad con el objetivo de disponer de un mayor rango temporal y espacial para comparar y así sea posible despejar las interrogantes que todavía existen sobre la industria pigmentaria teotihuacana.

Derivado del objetivo principal señalado anteriormente, estaba el hecho de construir un marco teórico y una aproximación metodológica que permitiera abordar la problemática

del color más allá de la mera caracterización material, donde la visión tecnológica y productiva de este fenómeno fuera uno de los ejes de la investigación. La perspectiva de la tecnología como fenómeno dual desarrollada por la escuela francófona ha demostrado ser de utilidad para generar un marco teórico adecuado desde el que tratar cuestiones acerca de la tecnología del color y su relación con el sistema socioeconómico teotihuacano. La concepción del color como una industria *per se* y las implicaciones socioeconómicas que implica su existencia dentro de una sociedad compleja aportan un *modus operandi* o un punto de inicio para futuras investigaciones sobre la industria del color en Mesoamérica.

Esta investigación ha permitido por otro lado comprobar la capacidad y potencialidad que tiene el color de ser estudiado como un fenómeno económico y productivo. Gracias a ello se ha planteado y argumentando que el color en Teotihuacan fungió como una industria, de igual forma que la lapidaria o el hueso, como un producto resultado de un sistema complejo en el que convergen conocimientos, tecnologías, agentes sociales, relaciones político-económicas, así como todo un sistema de asociaciones mágico-religiosas asociadas a las materias primas y a los materiales colorantes elaborados.

Como cualquier otra producción humana, la industria del color se inserta en la vida cotidiana de los antiguos teotihuacanos, siendo parte del hecho social, económico, político y religioso de la urbe. Su uso en numerosos espacios arquitectónicos, soportes, su continuidad temporal y tecnológica o la deposición en numerosas ofrendas o enterramientos humanos, indica el papel que el color tuvo en la vida cotidiana de los antiguos teotihuacanos. Derivado de este hecho es plausible advertir la importancia que debió tener la industria del color en la antigua ciudad, la cual debía surtir y proveer a sus pobladores de las materias primas necesarias para hacer los pigmentos demandados. Como cualquier objeto o material estudiado por estas disciplinas por la arqueología, el color en Teotihuacan en particular, y en Mesoamérica en general, responde a una serie de mecanismos y redes productivas que deben ser investigadas desde múltiples perspectivas teórico-metodológicas, puesto que el color, se revela como un material histórico y arqueológico de primer orden capaz de contar historias sobre la sociedad y personas que lo elaboraron y usaron.

Continuando la argumentación y a modo de binomio conectado con la elaboración del marco teórico, se encuentra el desarrollo metodológico implementado en esta investigación. A partir de un protocolo de análisis fisicoquímico que tiene por regla ir de los análisis generales de la superficie pictórica hasta los análisis micropuntuales, la combinación de técnicas analíticas que combinan diferentes métodos de detección ha hecho posible abordar el estudio tecnológico del color en Teotihuacan desde múltiples esferas de análisis.

Junto a esto a los avances de los últimos lustros en el desarrollo y aplicación de nuevas técnicas analíticas, así como los avances en la capacidad de detección y el rango de análisis, a nivel micrométrico, así como la portabilidad de los equipos ha hecho posible abordar cuestiones técnicas sobre el color que requieren de la capacidad de los equipos de realizar estudios a pequeña escala. Estos avances hacen posible realizar una microarqueología del color y demuestran el potencial investigador que posee.

Por lo anterior, esta investigación cumple otro de sus objetivos planteados que es el de generar un marco de actuación que sirva de punto de partida para futuras pesquisas sobre el color desde estas perspectivas tanto en Teotihuacan como en otras regiones y culturas de Mesoamérica. Lo anterior es de vital importancia, puesto que es necesario aumentar el número de investigadores e investigadoras que desarrollen esta línea de trabajo, que se localicen áreas productivas y que se lleven a cabo investigaciones de gabinete que aborden estas problemáticas a escala mesoamericana, ya que el conocimiento de la industria y la economía del color en Mesoamérica es todavía escaso. La utilización de una aproximación metodológica común es primordial de cara a elaborar un corpus sobre la tecnología del color en Mesoamérica. El uso de un método de investigación definido y aplicado a escala macrorregional permitiría elaborar a futuro bases de datos sobre materias primas, técnicas de elaboración, mezclas, agregados etc.

Otros aspectos que se desprenden como conclusiones de esta tesis son los caminos por seguir necesarios para poder plantear un panorama general de la industria del color en Teotihuacan. Me refiero a la necesidad de localizar áreas de producción y almacenamiento y a llevar a cabo estudios de procedencia y de yacimientos materias primas. A través de estudios dedicados a caracterizar los elementos traza de las materias primas y a realizar

prospecciones a escala regional para empezar a traer luz a la que es una de las grandes interrogantes por resolver. Las futuras investigaciones que se lleven a cabo deben abordar la localización de las fuentes de aprovisionamiento de materias primas generadoras de color como las tierras verdes, los minerales de cobre, el cinabrio o los diversos tipos de arcilla utilizados por señalar algunos ejemplos.

Si importante es localizar las fuentes de aprovisionamiento de las materias primas utilizadas, todavía lo es más ahondar en los procesos técnicos implícitos en la producción de los pigmentos caracterizados. Por ello, de esta investigación surge una clara línea de trabajo a futuro, y es la aplicación de arqueología experimental con el objetivo de ahondar en los procesos y dificultades técnicas implícitas en la elaboración de las diversas mezclas de materiales caracterizadas. Comprender la elaboración de las degradaciones a partir del rojo, conocer el tiempo y el grado de molienda de materias primas con diferente índice de dureza como la malaquita, el carbón, el cinabrio o el cuarzo, el modo de utilizar las diversas herramientas, las cantidades necesarias o el grado de mezcla necesario para lograr el tan específico aspecto final de los pigmentos teotihuacanos es primordial.

Así pues, como ocurre en toda investigación la apertura de nuevos interrogantes es parte de cualquier pesquisa. Esta tesis abre de manera clara y prístina nuevas líneas de investigación que resultan de capital importancia de cara a obtener los datos faltantes para comprender cómo se organizó y funcionó la industria del color en Teotihuacan. Quiero concluir esta argumentación reiterando la necesidad de considerar al color como un producto complejo que trae tras de sí toda una serie de fenómenos socioeconómicos y políticos y no solo como una mera decoración o acabado final de los objetos que posteriormente se estudian. El color en Mesoamérica es un fenómeno polifacético complejo que abarca todos los aspectos de la vida de las personas y por ello debe ser investigado de manera profunda, amplia, metódica, rigurosa e interdisciplinar.

Referencias citadas en el texto

- Abascal M., R., G. Harbottle, y E. v. Sayre. 1974. "Correlation between Terracotta Figurines and Pottery from the Valley of Mexico and Source Clays by Activation Analysis". En *Archaeological Chemistry*, 81–99. <https://doi.org/10.1021/ba-1974-0138.ch006>.
- Aceto, Maurizio, Angelo Agostino, Gaia Fenoglio, Ambra Idone, Monica Gulmini, Marcello Picollo, Paola Ricciardi, y John K. Delaney. 2014. "Characterisation of Colourants on Illuminated Manuscripts by Portable Fibre Optic UV-Visible-NIR Reflectance Spectrophotometry". *Analytical Methods* 6 (5): 1488–1500. <https://doi.org/10.1039/c3ay41904e>.
- Aguilar Téllez, Dulce María, José Luis Ruvalcaba Sil, Pieterjan Claes, y Diana González González. 2014. "False Color and Infrared Imaging for the Identification of Pigments in Paintings". En *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1618:3–15. Materials Research Society. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.451>.
- Aguilar, Valentina, José Luis Ruvalcaba-Sil, Lauro Bucio, y Eric M. Rivera-Muñoz. 2019. "Characterization and Setting Protocol for a Simultaneous X-Ray Diffraction - X-Ray Fluorescence System (XRD/XRF) for in Situ Analysis". *The European Physical Journal Plus* 134 (6): 286. <https://doi.org/10.1140/EPJP/I2019-12652-8>.
- Alderson, Samantha. 2002. "A Technological Study of the Painted Surfaces of Zapotec Urns from Xoxocotlán". *Objects Specialty Group Postprints (American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Objects Specialty Group)* 9: 146–60.
- Alonso, A., N. A. Pérez, J. L. Ruvalcaba Sil, E. Casanova, P. Claes, V. Aguilar Melo, y J. Cañetas. 2014. "Comparative Spectroscopic Analysis of Maya Wall Paintings from Ek'Balam, Mexico". *Materials Research Society Symposium Proceedings* 1618 (October 2017): 63–72. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.455>.
- Álvarez Icaza Longoria, María Isabel. 2014. "El Códice Laud, Su Tradición, Su Escuela, Sus Artistas". Universidad Nacional Autónoma de México.
- Angulo Villaseñor, Jorge. 1964. "Teotihuacan. Un Autorretrato Cultural". ENAH.
- . 1972. "Reconstrucción Etnográfica a Través de La Pintura Mural". En *XI Mesa Redonda de La SMA. Teotihuacan. El Valle de Teotihuacan y Su Contorno*, 43–68. México: Sociedad Mexicana de Antropología.

- . 1987. “Observaciones Sobre El Templo de La Agricultura En Teotihuacan”. En *Teotihuacan. Nuevos Datos, Nuevas Síntesis, Nuevos Problemas*, editado por Emily McClung de Tapia y Evelyn Childs Rattray, 275–315. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- . 1995. “La Pictografía En Teotihuacan”. *Arqueología Mexicana* III (16): 24–29. https://www.academia.edu/24858462/LA_PICTOGRAFIA_EN_TEOTIHUACAN.
- . 1996a. “Teotihuacan. Aspectos de La Cultura a Través de La Expresión Pictórica”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México. Teotihuacan*, editado por Beatriz de la Fuente, 65–186. Mexico: Instituto de investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- . 1996b. *Teotihuacan: La Ciudad de Los Dioses*. México: Monclém ediciones.
- Arano, D., P. Quintana, L. Jiménez, F. Camacho, Y. Espinosa, y J. Reyes. 2020. “Chromatic Palette Studies in Sculptural Architectonical Elements of Maya Buildings in the South of Campeche, Mexico”. *Science and Technology of Archaeological Research* 00 (0): 1–13. <https://doi.org/10.1080/20548923.2020.1735144>.
- Argote, Denisse L., Gloria Torres, Genoveva Hernández Padrón, Verónica Ortega, Pedro A. López García, y Víctor M. Castaño. 2020. “Cinnabar, Hematite and Gypsum Presence in Mural Paintings in Teotihuacan, México”. *Journal of Archaeological Science: Reports* 32 (April): 102375. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102375>.
- Armillas, Pedro. 1944. “Exploraciones Recientes En Teotihuacan, México”. *Cuadernos Americanos* XVI (4).
- . 1950. “Teotihuacan, Tula y Los Toltercas. Las Culturas Post-Arcaicas y Pre-Aztecas Del Centro de México. Excavaciones y Estudios, 1922-1950”. En *Runa. Archivo Para Las Ciencias Del Hombre*, 37–70. Buenos Aires: Universidad Nacional del Cuyo.
- Artoli, Gilberto. 2010. *Scientific Methods and Cultural Heritage. An Introduction to the Application of Materials Science to Arhaceometry and Conservation Science*. New York: Oxford University Press Inc.
- Bacci, Mauro, Lara Boselli, Marcello Picollo, y Boris Pretzel. 2008. “Colour Measurement on Paintings”. En *New Trends in Analytical, Environmental and Cultural Heritage Chemistry Developments*, editado por L Tassi y M. P. Colombini, 333–44. Research Signpost.

- Bacci, Mauro, Marcello Picollo, y Boris Pretzel. 2008. "Colour Measurement on Paintings". En *New Trends in Analytical, Environmental and Cultural Heritage Chemistry Developments*, editado por Maria Perla Colombini y Lorenzo Tassi, 333–44. Transworld Research Network.
- Ball, Philip. 2003. *La Invención Del Color*. Madrid: Turner.
- Barba, Luis, Jorge Blancas, Linda R. Manzanilla, Agustín Ortíz, D. Barca, Crisci G. M., D. Miriello, y Alessandra Pecci. 2009. "Provenance of the Limestone Used in Teotihuacan (Mexico): A Methodological Approach". *Archaeometry* 51 (4): 525–45. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00430.x>.
- Barba Pingarrón, Luis. 2005. "Materiales, Técnicas y Energía En La Construcción de Teotihuacan". En *Arquitectura y Urbanismo: Pasado y Presente de Los Espacios En Teotihuacan, Memoria de La Tercera Mesa Redonda de Teotihuacan*, editado por Maria Elena Ruíz Gallut y J. Torres, 211–29. México: INAH.
- Barba Pingarrón, Luis, y J. Córdoba Frunz. 2010. *Materiales y Energía En La Arquitectura de Teotihuacan*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- Barba Pingarrón, Luis, y Roberto Rodríguez. 1990. "Acerca Del Color de Huesos Quemados". *ANTROPOLOGICAS*, núm. 5: 94–95.
- Barca, D., D. Miriello, Alessandra Pecci, Luis Barba, Agustín Ortiz, Linda R. Manzanilla, Jorge Blancas, y G.M. Crisci. 2013. "Provenance of Glass Shards in Archaeological Lime Plasters by LA-ICP-MS: Implications for the Ancient Routes from the Gulf of Mexico to Teotihuacan in Central Mexico". *Journal of Archaeological Science* 40 (11): 3999–4008. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.05.016>.
- Beramendi Orozco, Laura E., Galia Gonzalez Hernandez, Ana M. Soler Arechalde, y Linda R. Manzanilla. 2020. "A High-Resolution Chronology for the Palatial Complex of Xalla in Teotihuacan, Mexico, Combining Radiocarbon Ages and Archaeomagnetic Dates in a Bayesian Model". *Radiocarbon*, diciembre, 1–12. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.130>.
- Beramendi Orozco, Laura, Galia González, y Ana María Soler-Arechalde. 2012. "Cronología Para Teopancazco: Integración de Datos Arqueomagnéticos y Un Modelo Bayesiano de Radiocarbono". En *Estudios Arqueométricos Del Centro de Barrio de Teopancazco En Teotihuacan*, editado por Linda R. Manzanilla Naim, 111–35. México: UNAM.
- Berrin, Kathleen, Clara Millon, René Millon, Esther Pasztory, y Thomas K. Seligman. 1988. *Feathered Serpents and Flowering Trees: Reconstructing the Murals of Teotihuacan*. Editado

por Kathleen Berrin. San Francisco: Fine Arts Museums of San Francisco.
[http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true
&db=cat02025a&AN=lib.MX001000469114&lang=es&site=eds-live](http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001000469114&lang=es&site=eds-live).

Berrin, Kathleen, y Esther Pasztory. 1994. *Teotihuacan: Art From The City Of The Gods*. New York: Thames and Hudson.

Blanton, Richard E. 1994. *Houses and Households*. Interdisciplinary Contributions to Archaeology. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0990-9>.

Blanton, Richard E., Gary M. Feinman, Stephen A. Kowalewski, y Peter A. Peregrine. 1996. "A Dual-Processual Theory for the Evolution of Mesoamerican Civilization". *Current Anthropology* 37 (1): 1–14.

Boone, Elizabeth H. 1985. *Painted Architecture and Polychrome Monumental Sculpture in Mesoamerica*. Washington D.C.: Dumbarton Oaks.

Brittenham, Claudia. 2017. "Cacaxtla, Estilo Personal y Estilo Regional". En *Estilo y Región En El Arte Mesoamericano*, editado por María Isabel Álvarez Icaza Longoria y Pablo Escalante Gonzalbo, 105–18. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas.

Brunetti, B., C. Miliani, F. Rosi, B. Doherty, L. Monico, A. Romani, y A. Sgamellotti. 2016. "Non-Invasive Investigations of Paintings by Portable Instrumentation: The MOLAB Experience". *Topics in Current Chemistry* 374 (1): 1–35. <https://doi.org/10.1007/s41061-015-0008-9>.

Buti, D., D. Domenici, C. Grazia, J. Ostapkowicz, S. Watts, A. Romani, F. Presciutti, B. G. Brunetti, A. Sgamellotti, y C. Miliani. 2018a. "Further Insight into Mesoamerican Paint Technology: Unveiling the Colour Palette of the Pre-Columbian Codex Fejérváry-Mayer by Means of Non-Invasive Analysis". *Archaeometry* 60 (4): 797–814. <https://doi.org/10.1111/arcm.12341>.

———. 2018b. "Further Insight into Mesoamerican Paint Technology: Unveiling the Colour Palette of the Pre-Columbian Codex Fejérváry-Mayer by Means of Non-Invasive Analysis". *Archaeometry* 60 (4): 797–814. <https://doi.org/10.1111/arcm.12341>.

Buti, D., D. Domenici, C. Miliani, C. García Sáiz, T. Gómez Espinoza, F. Jiménez Villalba, A. Verde Casanova, et al. 2014. "Non-Invasive Investigation of a Pre-Hispanic Maya Screenfold Book: The Madrid Codex". *Journal of Archaeological Science* 42 (1): 166–78. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.08.008>.

- Cabrera Castro, Ruben. 1990. "Últimas Investigaciones". En *Teotihuacán. La Metrópoli e Los Dioses*, editado por Eduardo Matos Moctezuma, 187–220. Barcelona: Lunwerg.
- Cabrera Castro, Ruben, Saburo Sugiyama, y George L. Cowgill. 1991. "The Templo de Quetzalcoatl Project at Teotihuacan: A Preliminary Report". *Ancient Mesoamerica* 2 (1): 77–92. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0956536100000407>.
- Cabrera Cortés, Mercedes Oralia. 2009. "Lapidaria". En *Teotihuacan: Ciudad de Los Dioses*, 193–232. México: INAH.
- . 2011. "Craft Production and Socio-Economic Marginality. Living on the Periphery of Urban Teotihuacan". Doctorado en Filosofía, Arizona State University.
- Çamurcuoğlu, Duygu Seçil. 2015. "The Wall Paintings of Çatalhöyük (Turkey): Materials, Technologies and Artists". University College London.
- Carballo, David M. 2007. "Implements of State Power: Weaponry and Martial Themed Obsidian Production Near the Moon Pyramid, Teotihuacan". *Ancient Mesoamerica* 18 (01): 173–90. <https://doi.org/10.1017/S0956536107000144>.
- . 2011. "Obsidian and the Teotihuacan State. Weaponry and Ritual Production at the Moon Pyramid". *Memoirs in Latin American Archaeology* 21: 1–183.
- . 2013. "The Social Organization of Craft Production and Interregional Exchange at Teotihuacan". En *Merchants, Markets and Exchange in the Pre-Columbian World*, editado por Kenneth G. Hirth y Joanne Pillsbury, 113–40.
- . 2017. "Daily Life in Teotihuacan's Southern Periphery: The Tlajinga District". En *Teotihuacan: City of Water City of Fire*, editado por Matthew Robb, 124–29. San Francisco: Fine Arts Museums of San Francisco-de Young and University of California Press.
- . 2019. "Urban Life on Teotihuacan's Periphery. A New Research at the Tlajinga District". *Ancient Mesoamerica* 30 (1): 91–94. <https://doi.org/10.1017/S0956536118000500>.
- Carballo, David M., Luis Barba, Agustín Ortiz, Jorge Blancas, Daniela Hernández Sariñana, Maria C. Codlin, Alfredo Saucedo, y Gloria Dolores Rodríguez Torres. 2021. "Excavations at the Southern Neighborhood Center of the Tlajinga District, Teotihuacan, Mexico". *Latin American Antiquity* 32 (3): 557–76. <https://doi.org/10.1017/laq.2021.17>.
- Carballo, David M., Kenneth G. Hirth, Daniela Hernández Sariñana, Gina M. Buckley, Andrés G. Mejía Ramón, y Douglas J. Kennett. 2019. "New Research at Teotihuacan's Tlajinga District,

- 2012-2015". *Ancient Mesoamerica* 30 (1): 95–113. <https://doi.org/10.1017/S0956536118000159>.
- Carmona Macías, Martha. 2016. "Oaxaca, Sortilegio de Colores". En *El Color de Los Dioses. Policromía En La Antigüedad Clásica y Mesoamérica*, editado por Evelyn Useda Miranda, María Helena Rangel Guerrero, y Mariana Zamudio Casanova, 63M-68M. Ciudad de México: Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Carroll, Riley. 1963. "Color-Direction Symbolism: An Example of Mexican-Southwestern Contacts". *América Indígena* 23 (1): 49–60.
- Casanova González, Edgar, Miguel Ángel Maynez Rojas, Alejandro Mitrani, Isaac Rangel Chávez, María Angélica García Bucio, José Luis Ruvalcaba Sil, y Karla Muñoz Alcócer. 2020. "An Imaging and Spectroscopic Methodology for in Situ Analysis of Ceiling and Wall Decorations in Colonial Missions in Northern Mexico from XVII to XVIII Centuries". *Heritage Science* 8 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00434-8>.
- Caso, Alfonso. 1942. "El Paraiso Terrenal En Teotihuacan". *Cuadernos Americanos* 1 (6): 127–36.
- Cennini, Cennino. 1947. *El Libro Del Arte*. Buenos Aires: Argos.
- Charnay, Désiré, Lorenzo Ochoa, Rocio Alonzo, y Désiré Charnay. 1994. *Ciudades y Ruinas Americanas*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Chukanov, Nikita v. 2014. *Infrared Spectra of Mineral Species*. Vol. 1. Springer Geochemistry/Mineralogy. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7128-4>.
- Clark, Robin J H. 2002. "Pigment Identification by Spectroscopic Means : An Arts / Science Interface". *Comptes Rendus Chimie* 5 (1): 7–20. [https://doi.org/S1631-0748\(02\)01341-3](https://doi.org/S1631-0748(02)01341-3).
- Clayton, Sarah C. 2021. "Contextualizing Commerce at Teotihuacan: Pottery as Evidence for Regional and Neighborhood-Scale Markets". *Archaeological Papers of the American Anthropological Association* 32 (1): 43–53. <https://doi.org/10.1111/apaa.12142>.
- Conservación del Patrimonio Cultural, LANCIC Laboratorio Nacional de Ciencias para la. 2015. "Laboratorio Nacional de Ciencias Para La Investigación y La Conservación Del Patrimonio Cultural (LANCIC), México". *Intervención Revista Internacional de Conservación Restauración y Museología*, núm. 12 (mayo): 77–84. <https://doi.org/10.30763/Intervencion.2015.12.147>.

- Costin, Cathy Lynne. 1991. "Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting, and Explaining the Organization of Production". *Archaeological Method and Theory* 3: 1–56.
- . 2001. "Craft Production Systems". En *Archaeology at the Millennium: A Sourcebook*, editado por Gary M. Feinman y T. Douglas Price, 273–327. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72611-3>.
- . 2004. "Craft Economies of Ancient Andean States". En *Archaeological Perspectives on Political Economies*, editado por M Gary Feinman y Linda M Nicholas, Inquiry, F, 189–223.
- Cowgill, George L. 1997. "State and Society at Teotihuacan, Mexico". *Annual Review of Anthropology* 26 (1): 129. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.26.1.129>.
- . 2015. *Ancient Teotihuacan. Early Urbanism in Central Mexico*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cyphers Guillén, Ann. 1994. "San Lorenzo Tenochtitlán". En *Los Olmecas En Mesoamérica*, editado por John E Clark y Rafael Doniz, 298. México: Equilibrista, S. A. de C. V., y Turner Libros, S. A.
- Dehouve, D. 2003. "Nombrar Los Colores En Náhuatl (Siglos XVI-XX)". *El Color En El Arte Mexicano*.
- Delaney, John K, Kathryn A Dooley, Roxanne Radpour, y Ioanna Kakoulli. 2017. "Macroscale Multimodal Imaging Reveals Ancient Painting Production Technology and the Vogue in Greco-Roman Egypt". *Scientific Reports* 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15743-5>.
- Delaney, John K, Paola Ricciardi, Lisha Deming Glinsman, Michelle Facini, Mathieu Thoury, Michael Palmer, y E René De La Rie. 2014. "Use of Imaging Spectroscopy, Fiber Optic Reflectance Spectroscopy, and X-Ray Fluorescence to Map and Identify Pigments in Illuminated Manuscripts". <https://doi.org/10.1179/2047058412Y.0000000078>.
- Delgado Robles, Alma a., Jose Luis Ruvalcaba Sil, Pieterjan Claes, Mayra D. Manrique Ortega, Edgar Casanova González, Miguel Ángel Maynez Rojas, Martha Cuevas García, y Sabrina García Castillo. 2015. "Non-Destructive in Situ Spectroscopic Analysis of Greenstone Objects from Royal Burial Offerings of the Mayan Site of Palenque, Mexico". *Heritage Science* 3 (1): 20. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0048-z>.
- Díaz del Castillo, Bernal. 2011. *Historia Verdadera de La Conquista de La Nueva España*. Diferencias. www.Linkgua.com.

- Dixon, Roland B. 1899. "The Color Symbolism of the Cardinal Points". *The Journal of American Folklore* 12 (44): 10. <https://doi.org/10.2307/533763>.
- Dobres, Marcia Anne, y Christopher R. Hoffman. 1994. "Social Agency and the Dynamics of Prehistoric Technology". *Journal of Archaeological Method and Theory* 1 (3): 211–58. <https://doi.org/10.1007/BF02231876>.
- Doerner, Max. 2011. *Los Materiales de Pintura y Su Empleo En El Arte*. Editado por Thomas Hoppe. 6a ed. Barcelona: Editorial Reverté.
- Doménech Carbó, Antonio, María Teresa Doménech Carbó, y María Luisa Vázquez de Agredos Pascual. 2006. "Dehydroindigo: A New Piece into the Maya Blue Puzzle from the Voltammetry of Microparticles Approach". *Journal of Physical Chemistry B* 110 (12): 6027–39. <https://doi.org/10.1021/jp057301l>.
- Doménech Carbó, María Teresa, María Luisa Vázquez de Agredos Pascual, Laura Osete Cortina, Antonio Doménech Carbó, Núria Guasch Ferré, Linda R. Manzanilla, y Cristina Vidal Lorenzo. 2012. "Characterization of Prehispanic Cosmetics Found in a Burial of the Ancient City of Teotihuacan (Mexico)". *Journal of Archaeological Science* 39 (4): 1043–62. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.12.001>.
- Doménech Carbó, María Teresa, María Luisa Vázquez de Agredos Pascual, Laura Osete Cortina, Antonio Doménech Carbó, Nuria Guasch Ferré, y Cristina Vidal Lorenzo. 2020. "Funerary Colors in Pre-Classical Maya Culture: The Red Pigment in the 19th Tomb of Rio Azul (Petén, Guatemala)". *Heritage Science* 8 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00386-z>.
- Domenici, Davide. 2016. "La Memoria Fiorita. Scrittura, Memoria e Materialita' Del Colore Nell'antica Mesoamerica". *Confluenze. Rivista Di Studi Iberoamericani* 8 (2): 161–80.
- Domenici, Davide, David Buti, Costanza Miliani, Brunetto Giovanni Brunetti, y Antonio Sgamellotti. 2014. "The Colours of Indigenous Memory: Non-Invasive Analyses of Pre-Hispanic Mesoamerican Codices". Editado por A. Sgamellotti, G. B. Brunetti, y C. Miliani. *Science and Art, The Painted Surface*, 94–119.
- Domenici, Davide, Chiara Grazia, David Buti, Aldo Romani, Constanza Millani, y Antonio Sgamellotti. 2017. "La Cochinilla En La Pintura de Códices Prehispánicos y Coloniales." En *Rojo Mexicano. La Grana Cochinilla En El Arte, México*, editado por Miguel Ángel Fernández Félix, 88–99. Instituto Nacional de Bellas Artes/ Museo del Palacio de Bellas Artes.

- Domenici, Davide, Costanza Miliani, y Antonio Sgamellotti. 2019. "Cultural and Historical Implications of Non- Destructive Analyses on Mesoamerican Codices in the Bodleian Libraries". En *Mesoamerican Manuscripts*, editado por Maarten E.R.G.N. Jansen, Virginia LLadó Buisán, y Ludo Snijders, 160–74. Leiden; Boston: Koninklijke Brill NV. <https://doi.org/10.1163/9789004388116>.
- Domingo, Inés, Pablo García Borja, y Clodoaldo Roldán. 2012. "Identification, Processing and Use of Red Pigments (Hematite and Cinnabar) in the Valencian Early Neolithic (Spain)". *Archaeometry* 54 (5): 868–92. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00650.x>.
- Dooley, Kathryn A., Suzanne Lomax, Jason G. Zeibel, Costanza Miliani, Paola Ricciardi, Ann Hoenigswald, Murray Loew, y John K. Delaney. 2013. "Mapping of Egg Yolk and Animal Skin Glue Paint Binders in Early Renaissance Paintings Using near Infrared Reflectance Imaging Spectroscopy". *The Analyst* 138 (17): 4838. <https://doi.org/10.1039/c3an00926b>.
- Dupey García, Élodie. 2004. "Lenguaje y Color En La Cosmovisión de Los Antiguos Nahuas". *Revista de Cultura Científica* 74: 20–31.
- . 2018. "El Lugar Del Color En La Mitología Mesoamericana. Del Destino de Quetzalcóatl a La Epopeya de 8 Venado". *Revista Trace*, núm. 74: 159. <https://doi.org/10.22134/trace.74.2018.116>.
- Dupey García, Élodie, y María Luisa Vázquez de Ágredos Pascual. 2018a. "Introduction: Colors and the Skin in Pre- Columbian Mesoamerica". En *Painting the Skin: Pigments on Bodies and Codices in Pre-Columbian Mesoamerica*, editado por Élodie Dupey García y María Luisa Vázquez de Ágredos Pascual, 3–10. Tucson: The University of Arizona Press; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Investigaciones Históricas.
- . 2018b. *Painting the Skin: Pigments on Bodies and Codices in Pre-Columbian Mesoamerica*. Editado por Élodie Dupey García y María Luisa Vázquez de Ágredos Pascual. Tucson: The University of Arizona Press; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Investigaciones Históricas.
- Edwards, Howell, y Peter Vandenabeele. 2012. *Analytical Archaeometry. Selected Topics*. Editado por Howell Edwards y Peter Vandenabeele. Cambridge: Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781849732741>.
- Ejarque Gallardo, Angela. 2017. "Color y Tratamientos Mortuorios: Estudio Arqueométrico, Ritual y Cultural de Materias Colorantes Procedentes de Tres Contextos Funerarios

- Teotihuacanos: La Ventilla, Teopancazco y El Barrio Oaxaqueño.” Universidad Nacional Autónoma de México.
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000766389&lang=es&site=eds-live>.
- . 2018. “In Tlilli in Tlapalli: La Estructura Cromática Rojo-Negro En Una Ofrenda Ritual Del Centro de Barrio de Teopancazco”. En *Teopancazco Como Centro de Barrio Multiétnico de Teotihuacan. Los Sectores Funcionales y El Intercambio a Larga Distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, 353–73. Ciudad de México: DGAPA-IIA UNAM.
- Espinosa, Gabriel. 2010. *El Arte En Teotihuacan*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Estrada Belli, Francisco, Alexandre Tokovinine, Jennifer M. Foley, Heather Hurst, Gene A. Ware, David Stuart, y Nikolai Grube. 2009. “A Maya Palace at Holmul, Peten, Guatemala and the Teotihuacan ‘Entrada’: Evidence from Murals 7 and 9”. *Latin American Antiquity* 20 (1): 228–59. <https://doi.org/10.1017/S1045663500002595>.
- Fernández Félix, Miguel, y Georges Roque. 2017. *Rojo Mexicano: La Grana Cochinilla En El Arte*. Primera ed. Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Ferrer Franquesa, Alba, y David Gómez Fontanills. 2013. *Cultura y Color*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Flannery, Kent V, Joyce Marcus, y Robert G Reynolds. 2005. *Excavations at San José Mogote. Prehistory and Human Ecology of the Valley of Oaxaca: V. 13, v. 16*. University of Michigan Press, Museum of Anthropology.
- Flores Ortiz, Roberto. 2019. “Análisis Cromático En Cerámica Del Epiclásico En El Huizachtépetl: Principios Metodológicos y Estudio de Caso”. *Revista de La Coordinación Nacional de Arqueología. Segunda Época*, núm. 58: 32–49.
- Froese, Tom, Carlos Gershenson, y Linda R. Manzanilla. 2014. “Can Government Be Self-Organized? A Mathematical Model of the Collective Social Organization of Ancient Teotihuacan, Central Mexico”. Editado por Christopher M. Danforth. *PLoS ONE* 9 (10): e109966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109966>.
- Gage, John. 1999. “What Meaning Had Colour in Early Societies?” *Cambridge Archaeological Journal* 9 (1): 109–26. <https://doi.org/10.1017/S0959774300015237>.
- . 2001. *Color y Cultura*. 3ª edición. Ediciones Siruela.

- Galdemar, Edith. 1987. "Le Maquillage et La Femme Aztèque". Université Paris I, Paris.
- Gamio, Manuel. 1922. *La Población Del Valle de Teotihuacán, Tomo I (Vol. Primero)*. México: Talleres Gráficos de la Nación de la Secretaria de Educación Pública.
- García Moreno, R., F. Mathis, V. Mazel, M. Dubus, T. Calligaro, y D. Strivay. 2008. "Discovery and Characterization of an Unknown Blue-Green Maya Pigment: Veszelyite". *Archaeometry* 50 (4): 658–67. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00370.x>.
- Gatta, Tania, Luigi Campanella, Carlo Coluzza, Vania Mambro, Paolo Postorino, Mauro Tomassetti, y Giovanni Visco. 2012. "Characterization of Black Pigment Used in 30 BC Fresco Wall Paint Using Instrumental Methods and Chemometry". *Chemistry Central Journal* 6 (S2): S2. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-S2-S2>.
- Gazzola, Julie. 2000. "Los Usos El Cinabrio En Teotihuacan, México". Panthéon-Sorbonne I.
- . 2005. "La Producción Lapidaria En Teotihuacan: Estudio de Las Actividades Productivas En Los Talleres de Un Conjunto Habitacional". En *Arquitectura y Urbanismo: Pasado y Presente de Los Espacios En Teotihuacan: Memoria de La Tercera Mesa Redonda de Teotihuacan*, editado por María Elena Ruiz Gallut, 841–78. México: INAH.
- . 2009. "Uso de Cinabrio En La Pintura Mural de Teotihuacán". *Arqueología* 40: 57–70.
- Gettens, Rutherford J. 1955. "Identification of Pigments of Mural Paintings from Bonampak, Chiapas, México". En *Bonampak, Chiapas, México*, editado por Karl Ruppert, Eric Thompson, y Tatiana Proskouriakoff, 501–2. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.
- . 1962. "Maya Blue: An Unsolved Problem in Ancient Pigments". *American Antiquity* 27 (4): 557–64.
- Goguitchaichvili, Avto, Gloria Torres, Rubén Cejudo, Verónica Ortega, Jorge Archer, Manuel Calvo-Rathert, Juan Morales, y Jaime Urrutia Fucugauchi. 2018. "From Empirical Considerations to Absolute Ages: How Geomagnetic Field Variation May Date Teotihuacan Mural Paintings". *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 284 (April): 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2018.09.004>.
- Gómez Chávez, Sergio. 1998. "Nuevos Datos Sobre La Relación de Teotihuacan y El Occidente de México". En *Antropología e Historia Del Occidente de México, XXIV Mesa Redonda de La Sociedad Mexicana de Antropología*. México: SMA-UNAM.

- . 2000. “La Ventilla. Un Barrio de La Antigua Ciudad de Teotihuacan”. Tesis de licenciatura, ENAH.
- . 2012. “Structure and Organization of Neighborhoods in the Ancient City of Teotihuacan”. En *The Neighborhood as a Social and Spatial Unit in Mesoamerican Cities*, editado por M. C. Arnaud, Linda R. Manzanilla Naim, y Michael E. Smith, 74–102. Tucson: The University of Arizona Press.
- . 2017. “The Underworld at Teotihuacan: The Sacred Cave under the Feathered Serpent Pyramid”. En *Teotihuacan. City of Water, City of Fire*, editado por Matthew Robb, 48–55. Fine Arts Museums of San Francisco-de Young and University of California Press.
- Gómez Chávez, Sergio, y Julie Gazzola. 2011. “La Producción Lapidaria y Malacológica En La Mítica Tollan-Teotihuacan”. En *Producción Artesanal y Especializada En Mesoamérica. Áreas de Actividad y Procesos Productivos*, editado por Linda R. Manzanilla Naim y Kenneth G Hirth, 87–131. México: INAH-UNAM.
- Gómez Gastélum, Luis. 2006. “Una Aproximación Arqueológica a La Temática Del Color En El México Antiguo”. *Cuicuilco* 13 (36): 151–75. <http://www.redalyc.org/pdf/351/35103607.pdf>.
- González Lauck, Rebecca B. 2016. “La Policromía En La Plastica Mesoamericana. Culturas de La Costa Del Golfo”. En *El Color de Los Dioses. Policromía En La Antigüedad Clásica y Mesoamérica*, editado por Evelyn Useda Miranda, María Helena Rangel Guerrero, y Mariana Zamudio Casanova, 47M-50M. Ciudad de México: Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Guzmán, Fernando, Marta Maier, Magdalena Pereira, Marcela Sepúlveda, Gabriela Siracusano, José Cárcamo, Diana Castellanos, et al. 2016. “Programa Iconográfico y Material En Las Pinturas Murales de La Iglesia de San Andrés de Pachama, Chile”. *Colonial Latin American Review* 25 (2): 245–64. <https://doi.org/10.1080/10609164.2016.1205256>.
- Guzmán García Lascurain, Paulina. 2019. “Caracterización Espectroscópica de Fragmentos de Pintura Mural Teotihuacana de Estilo Maya”. Universidad Nacional Autónoma de México. http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/FLQ1T6SMIK6GC52SCFF2MJ4M6LP4KB3HRAG6ADBVPJ5DNJTS62-17348?func=full-set-set&set_number=014459&set_entry=000001&format=999.

- Habekost, Martin. 2019. "Color". En *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1–39. Wiley. <https://doi.org/10.1002/0471238961.0315121514011919.a01.pub3>.
- Hegmon, Michelle. 1998. "Technology, Style, and Social Practices: Archaeological Approaches". *The Archaeology of Social Boundaries*, 264–80.
- Hernández, Francisco, Francisco Ximénez, Agustín Canseco, y Nicolás León. 1888. *Cuatro Libros de La Naturaleza y Virtudes de Las Plantas y Animales, de Uso Medicinal En La Nueva España*. Imp. y Lit. en la Escuela de Artes, à cargo de José Rosario Bravo.
- Hirth, Kenneth G. 2011. "Introducción. La Naturaleza e Importancia de La Producción Artesanal". En *Producción Artesanal y Especializada En Mesoamérica. Áreas de Actividad y Procesos Productivos*, editado por Linda Manzanilla Naim y Kenneth Hirth, 13–29. Ciudad de México: INAH-UNAM.
- . 2020. "Teotihuacan Economy from the Inside Out". En *Teotihuacan. The World beyond the City*, editado por Kenneth G. Hirth, David M. Carballo, y Bárbara Arroyo, 97–138. Washington, D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Hirth, Kenneth G., David M. Carballo, y Bárbara Arroyo. 2020. *Teotihuacan: The World beyond the City*. Editado por Kenneth G. Hirth, David M. Carballo, y Barbara Arroyo. Washington, D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Houston, Steve. 2009. *Veiled Brightness. A History of Ancient Maya Color*. Austin: University of Texas Press.
- Hurst, Heather. 2004. "San Bartolo, Petén: Técnicas de Pintura Mural Del Preclásico Tardío". *Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala* 2004: 618–25.
- . 2016. "Murals and the Ancient Maya Artist". Yale University.
- Ingold, Tim. 2007. "Materials against Materiality". *Archaeological Dialogues* 14 (1): 1–16. <https://doi.org/10.1017/s1380203807002127>.
- Jiménez Cosme, Ingrid Karina. 2010. "Tetitla: La Intervención Integral Del Pórtico 25, Análisis Científico Aplicado a La Restauración de Un Ejemplo de Pintura Mural Teotihuacana". En *16º Coloquio Del Seminarjo de Estudio y Conservación Del Patrimonio Cultural. Defensa y Conservación de La Pintura Pural*, editado por Carlos Flores Marini, 197–221. Ciudad de México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.

- Jones, Andrew. 2002. "Wonderful Things. Colour Studies in Archaeology from Munsell to Materiality". En *Colouring de Past*, editado por Andrew Jones y Gavin MacGregor, 1–22. Oxford: Berg.
- . 2004a. *Archaeological Theory and Scientific Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- . 2004b. "Archaeometry and Materiality: Materials-Based Analysis in Theory and Practice". *Archaeometry* 46 (3): 327–38. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00161.x>.
- Jones, Andrew, y Gavin MacGregor, eds. 2002. *Colouring the Past. The Significance of Colour in Archaeological Research*. Oxford: Bloomsbury Publishing.
- Krotser, P., y Evelyn Childs Rattray. 1980. "Manufactura y Distribución de Tres Grupos Cerámicos de Teotihuacan". *Anales de Antropología* 17: 91–104.
- Kubler, George. 1972. "La Iconografía Del Arte de Teotihuacan". En *Teotihuacan. XI Mesa Redonda1*, editado por Alberto Ruz Lhuillier, 69–87. México: Sociedad Mexicana de Antropología.
- Lafuente, Barbara, R.T. Downs, H. Yang, y N. Stone. 2015. "The Power of Databases: The RRUFF Project". En *Highlights in Mineralogical Crystallography*, editado por Thomas Armbruster y Rosa Micaela Danisi, W. De Gruy, 1–30. Berlin. <http://rruff.info/about/downloads/HMC1-30.pdf>.
- Landa, Diego de. 2011. *Relación de Las Cosas de Yucatán*. Diferencias. www.Linkgua.com.
- Lechtman, Heather. 1977. "Style in Technology: Some Early Thoughts". En *Material Culture: Styles, Organization, and Dynamics of Technology*, editado por Heather Lechtman y R. Merrill, 3–20. West Publishing.
- Lemonnier, Pierre. 1986. "The Study of Material Culture: Toward an Anthropology of Technical Systems". *Journal of Anthropological Archaeology* 5: 147–86.
- . 1991. "Introduction". En *Transformations in Material Culture since the Neolithic*, 1–35. Londres: Routledge.
- Leroi-Gourhan, André. 1945a. "Evolution et Techniques: Milieu et Techniques". Paris: Albin Michel.
- . 1945b. "Evolution et Techniques: Milieu et Techniques". Paris: Albin Michel.

- Littman, Edwin P. 1973. "The Physical Aspects of Some Teotihuacan Murals". En *The Mural Painting of Teotihuacan*, 175–86. Washington D.C.: Dumbarton Oaks, Trustees for Harvard University.
- Lombardo de Ruiz, Sonia. 1996. "El Estilo Teotihuacano En La Pintura Mural". En *La Pintura Mural Prehispánica En México. Teotihuacan*, editado por Beatriz de la Fuente, 2006a ed., 3–64. México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.
- López Austin, Alfredo, Leonardo López Luján, Giacomo Chiari, y Fernando Carrizosa. 2005. "Línea y Color En Tenochtitlan. Escultura Policromada y Pintura Mural En El Recinto Sagrado de La Capital Mexica". *Estudios de Cultura Náhuatl* 36 (36): 15–45. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2265718&orden=224251&info=link>.
- López Austin, Alfredo, José Rubén Romero Galván, y Carlos Martínez Marín. 1989. *Teotihuacan. El Equilibrista*. <http://discovery.lib.harvard.edu//?itemid=%7clibrary%2fm%2faleph%7c002346336>.
- López Austin, Alfredo, José Rubén Romero Galván, Carlos Martínez Marín, y Rafael Doniz. 1989. *Teotihuacán. El Equilibrista*. [http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=d43eb8fd-9fe9-4cff-8084-
ea2c683faff2%40sessionmgr102&hid=112&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGlZ2Q
%3D%3D#AN=lib.MX001000478477&db=cat02025a](http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=d43eb8fd-9fe9-4cff-8084-
ea2c683faff2%40sessionmgr102&hid=112&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGlZ2Q
%3D%3D#AN=lib.MX001000478477&db=cat02025a).
- López Luján, Leonardo, ed. 2017. *Nuestra Sangre Nuestro Color. La Escultura Polícroma de Tenochtitlan*. Ciudad de México: INAH.
- López Luján, Leonardo, Giacomo Chiari, Alfredo López Austin, y Fernando Carrizosa. 2005. "Línea y Color En Tenochtitlan: Escultura Policromada y Pintura Mural En El Recinto Sagrado de La Capital Mexica". *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 36: 727.
- López Montalvo, E., C. Roldán, E. Badal, E. Murcia, y V. Villaverde. 2017. "First Identification of Plant Cells in Prehistoric Black Pigments of Spanish Levantine Rock Art by Means of a Multi-Analytical Approach: Chaine Opératoire and Cultural Assessments." *PlosOne.*, núm. February. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172225>.
- López Puértolas, Carlos. 2017. "Arqueometría Del Color En El Conjunto Palaciego de Xalla, Teotihuacan. Primeros Resultados Para Un Estudio de Su Producción y Uso". Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000765811&lang=es&site=eds-live>.

- . 2019. “La Materialidad Del Color En Xalla. Producción de Pigmentos En Un Contexto Palaciego En Teotihuacan.” En *El Palacio de Xalla En Teotihuacan. Primer Acercamiento*, editado por Linda R. Manzanilla, 595. México: Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- López Puértolas, Carlos, Linda R. Manzanilla Naim, y María Luisa Vázquez de Ágredos Pascual. 2020. “Characterization of Color Production in Xalla’s Palace Complex, Teotihuacan”. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research* 5 (2): 221–33. <https://doi.org/10.1080/20548923.2020.1723240>.
- Magaloni, Diana, y Tatiana Falcón. 2008. “Pintando Otro Mundo: Técnicas de Pintura Mural En Las Tumbas Zapotecas”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México. Oaxaca, Tomo III*, 177–225.
- Magaloni Kerpel, Diana. 1994. “Metodología Para El Análisis de La Técnica Pictórica Mural Prehispánico: El Templo Rojo de Cacaxtla”. *Omnia* 6 (20): 35–42.
- . 1996a. “El Espacio Pictórico Teotihuacano. Tradición y Técnica”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México. Vol. I Teotihuacan*, editado por Beatriz de la Fuente, 187–225. México: UNAM.
- . 1996b. “Teotihuacán: Un Recorrido Temporal a Través Del Microscopio”. *La Pintura Mural Prehispánica En México. Boletín Informativo* 5: 23–26.
- . 1998a. “El Arte En El Hacer: Técnica Pictórica y Color En Las Pinturas de Bonampak”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México II: Área Maya. Bonampak.*, Tomo II. E:49–80.
- . 1998b. “El Arte En El Hacer: Técnicas de Pintura Mural”. En *Fragmentos Del Pasado: Murales Prehispánicos*, editado por María Teresa Uriarte, 88–109. México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.
- . 2001. “Materiales y Técnicas de La Pintura Mural Maya”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México: Area Maya*, editado por Beatriz de la Fuente, Tomo II. E:155–98. Ciudad de México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM. http://132.248.9.9/libroe_2007/1050189_3/10_c06.pdf.

- . 2003. “Teotihuacan: El Lenguaje Del Color”. En *El Color En El Arte Mexicano*, editado por George Roque, 163–204. México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.
- . 2014. *Los Colores Del Nuevo Mundo: Artistas, Materiales y La Creación Del Códice Florentino*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, Getty Research Institute.
- . 2017. “The Colors of Time: Teotihuacan Mural Painting Tradition”. En *Teotihuacan. City of Water, City of Fire*, editado por Matthew H. Robb, 174–80. Fine Arts Museums of San Francisco-de Young and University of California Press.
- Magaloni Kerpel, Diana, Claudia Brittenhann, Piero Baglioni, Rodorico Giorgi, y Lorenza Bernini. 2013. “Cacaxtla, La Elocuencia de Los Colores”. En *La Pintura Mural Prehispánica En México V. Cacaxtla.*, editado por María Teresa Uriarte Castañeda y Fernanda Salazar Gil, Tomo II. E:147–97. Ciudad de México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.
- Magaloni Kerpel, Diana, y Laura Filloy Nadal. 2013. *La Ofrenda 4 de La Venta: Un Tesoro Olmeca Reunido En El Museo Nacional de Antropología: Estudios y Catálogo Razonado*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Magaloni Kerpel, Diana, Megan O’Neil, y María Teresa Uriarte. 2020. “The Moving Image. Painted Murals and Vessels at Teotihuacan and the Maya Area”. En *Teotihuacan. The World beyond the City*, editado por Kenneth G. Hirth, David M. Carballo, y Bárbara Arroyo, 193–224. Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Manrique Ortega, M.D., E. Casanova González, A. Mitrani, A. González Cruz, M. Cuevas García, y J.L. Ruvalcaba Sil. 2020. “Spectroscopic Examination of Red Queen’s Funerary Mask and Her Green Stone Offering from the Mayan Site of Palenque, Mexico”. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, febrero, 118205. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118205>.
- Manzanilla, Linda R. 1985. “El Sitio de Cuanalan En El Marco de Las Comunidades Pre Urbanas Del Valle de Teotihuacan”. En *Mesoamérica y El Centro de México*, editado por J. Monjarás, E. Pérez, y R. Brambila, 133–78. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- . 1992. “The Economic Organization of the Teotihuacan Priesthood: Hypotheses and Considerations”. En *Art, Ideology, and the City of Teotihuacan*, editado por J. C. Berlo, 321–38. Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Washington.

- . 1993. *Anatomía Conjunto Residencial Teotihuacano En Oztoyahualco. 2 Vols.* Editado por Linda R. Manzanilla. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- . 1996. "Corporate Groups and Domestic Activities at Teotihuacan". *Latin American Antiquity* 7: 228–46.
- . 2001a. "Agrupamientos Sociales y Gobierno En Teotihuacan, Centro de México". En *Reconstruyendo La Ciudad Maya: El Urbanismo En Las Ciudades Antiguas*, editado por M. J. Iglesias Ponce de León y M. C. Martínez, 461–82. Madrid: Publicaciones de la SEEM.
- . 2001b. "Gobierno Corporativo En Teotihuacan: Una Revisión Del Concepto Palacio Aplicado a La Gran Urbe Prehispánica". *Anales de Antropología* 35 (2001): 157–90. <http://revistas.unam.mx/index.php/antropologia/article/download/14894/14192>.
- . 2002. "Organización Sociopolítica de Teotihuacan: Lo Que Los Materiales Arqueológicos Nos Dicen o Nos Callan". En *Memorias de La Primera Mesa Redonda de Teotihuacan*, editado por M. E. Ruiz Gallut. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM-INAH.
- . 2003a. "El Proceso de Abandono En Teotihuacan y Su Recuperación Por Grupos Epiclásicos". *Trace: Abandono de Asentamientos Prehispánicos* 43: 70–76.
- . 2003b. "The Abandonment of Teotihuacan". En *The Archaeology Settlement, and Abandonment in Middle America*, editado por Takeshi Inomata y R. W. Webb, 91–101. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- . 2006a. "Estados Corporativos Arcaicos. Organizaciones de Excepción En Escenarios Excluyentes". *Cuicuilco* 13 (36): 13–45.
- . 2006b. "La Producción Artesanal En Mesoamérica". *Arqueología Mexicana* XIV: 28–35.
- . 2007. "La Zona Del Altiplano Central En El Clásico". En *Historia Antigua de México. EL Horizonte Clasico. Vol.2*, editado por Linda Rosa Manzanilla y Leonardo López Luján, Segunda, 204–58. México, D.F.: INAH-UNAM-Miguel Ángel Porrúa.
- . 2008. "La Iconografía Del Poder En Teotihuacan". En *Símbolos de Poder En Mesoamérica*, editado por Guilhem Olivier, 111–31. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- . 2009a. "Corporate Life in Apartment and Barrio Compounds at Teotihuacan, Central Mexico". En *Domestic Life in Prehispanic Capitals A Study of Specialization, Hierarchy, and*

- Ethnicity*, editado por Linda R. Manzanilla y Claude Chapdelaine, 21–43. Ann Arbor: The University of Michigan Museum of Anthropology.
- . 2009b. “Los Palacios de Teotihuacan”. *Les Dossiers de L'Archéologie Teotihuacan*, núm. 17: 20–23.
- . 2011. “Sistemas de Control de Mano de Obra y Del Intercambio de Bienes Suntuarios En El Corredor Teotihuacano Hacia La Costa Del Golfo En El Clásico”. *Anales de Antropología* 45 (2011): 9–32. <http://revistas.unam.mx/index.php/antropologia/article/view/27966>.
- . 2012a. *Estudios Arqueométricos Del Centro de Barrio de Teopanazco En Teotihuacan*. México, D.F.: UNAM, Coordinación de Humanidades, Coordinación de la Investigación Científica.
- . 2012b. “Neighborhoods and Elite ‘Houses’ at Teotihuacan, Central Mexico”. En *The Neighborhood as a Social and Spatial Unit in Mesoamerican Cities*, editado por M. C. Arnaud, Linda R. Manzanilla Naim, y Michael E. Smith, 55–74. Tucson: The University of Arizona Press.
- . 2014a. “Metrópolis Prehispánicas e Impacto Ambiental: El Caso de Teotihuacan a Través Del Tiempo”. En *Escenarios de Cambio Climático: Registros Del Cuaternario En América Latina*, editado por Margarita Caballero y Beatriz Ortega Guerrero, 287–321. México: UNAM.
- . 2014b. “The Basin of Mexico”. En *The Cambridge World Prehistory 3 Volume Set*, editado por Colin Renfrew y Paul Bahn, 986–1004. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHO9781139017831.067>.
- . 2017a. *Multiethnicity and Migration at Teopanazco: Investigations of a Teotihuacan Neighborhood Center*. Gainesville, Florida: University Press of Florida.
- . 2017b. *Teotihuacan, Una Ciudad Excepcional de Mesoamérica*. Primera. Ciudad de México: El Colegio Nacional.
- , ed. 2018. *Teopanazco Como Centro de Barrio Multiétnico de Teotihuacan: Los Sectores Funcionales y El Intercambio a Larga Distancia*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Manzanilla, Linda R., Xim Bokhimi, Dolores Tenorio, Melania Jiménez-Reyes, Edgar Rosales, Cira Martínez, y Marcus Winter. 2017. “Procedencia de La Mica de Teotihuacan: Control de Los

- Recursos Suntuarios Foráneos Por Las Élités Gobernantes”. *Anales de Antropología* 51 (1): 23–38. <https://doi.org/10.1016/j.antro.2016.09.001>.
- Manzanilla, Linda R., Raúl Valadez Azúa, Bernardo Rodríguez Galicia, Gilberto Pérez Roldán, Adrian Velázquez Castro, y Norma Valentín. 2011. “Producción de Adornos y Atavíos Del Poder En Teotihuacan”. En *Memoria 2009*, 323–52. México: El Colegio Nacional.
- Manzanilla, Linda R, y R. Valadez, eds. 2017. *El Uso de Los Recursos Naturales En Un Centro de Barrio de Teotihuacan: Teopanaczo*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Marey Mahmoud, Hussein H. 2019. “Colorimetric and Spectral Reflectance Access to Some Ancient Egyptian Pigments”. *Journal of the International Colour Association*, 35–45.
- Marquina, Ignacio. 1990. *Arquitectura Prehispánica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Secretaría de Educación Pública. <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=a294cad-37f8-454d-9382-8a1355473011%40sessionmgr102&hid=111&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3D%3D#AN=lib.MX001000892534&db=cat02025a>.
- Martínez García, Cristina, José Luis Ruvalcaba, José Luis Ontalba, y Linda R. Manzanilla. 2002. “Caracterización Mediante Haces de Partículas: Estudios Interdisciplinarios de Pintura Mural Teotihuacana”. En *Arte y Ciencia. XXIV Coloquio Internacional de Historia Del Arte*, editado por Peter Krieger, 239–65. México: Instituto de investigaciones Estéticas, UNAM.
- Martínez García, Cristina, José Luis Ruvalcaba Sil, Linda R. Manzanilla, y Francisco Riquelme. 2012. “Teopanaczo y Su Pintura. Aplicación de Técnicas Analíticas PIXE, MEB-EDX DRX, FTIR y Raman”. En *Estudios Arqueométricos Del Centro de Barrio de Teopanaczo En Teotihuacan*, editado por Linda R. Manzanilla Naim, 165–210. UNAM.
- Martínez Sales, Jorge. 2018. “Análisis Físico-Químicos y Estudios Culturales de Pintura Mural Sobre Adobe Hallada En La Metrópolis Mesoamericana de Teotihuacán (México)”. Tesis de máster, Universitat de València.
- Martinón Torres, Marcos. 2018. “Archaeological Sciences”. En *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, 1–4. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0030>.
- Martinón Torres, Marcos, y David Killick. 2015. *Archaeological Theories and Archaeological Sciences*. Editado por Andrew Gardner, Mark Lake, y Ulrike Sommer. *The Oxford Handbook*

- of Archaeological Theory*. Vol. 1. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199567942.013.004>.
- Maruf Martínez, Magali Marlen. 2017. "Policromía e Iconografía En La Cerámica Estucada y Pintada de Teotihuacan". En *6ª Mesa Redonda Teotihuacan. Orígenes, Auge, Colapso y Herencia*.
- . 2019. "Estudio y Caracterización Arqueométrica No Invasiva de Cerámicas Teotihuacanas Con Decoración Post-Cocción : Descripción Iconográfica y Análisis de La Paleta de Pigmentos." UNAM.
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000788657&lang=es&site=eds-live>.
- McClung de Tapia, Emily. 1978. "Aspectos Ecológicos Del Desarrollo y La Decadencia de Teotihuacan". *Anales de Antropología* 15 (1968): 53–65.
- McClure, Sarah B. 2007. "Gender, Technology, and Evolution: Cultural Inheritance Theory and Prehistoric Potters in Valencia, Spain". *American Antiquity* 72 (3): 485–508.
- McVicker, Mary Frech. 2005. *Adela Breton: A Victorian Artist amid Mexico's Ruins*. University of New Mexico Press.
- Melgar Tísoc, Emiliano R., y Reyna B. Solís Ciriaco. 2018. "Caracterización Mineralógica y Tecnológica de La Lapidaria de Teopancazco". En *Teopancazco Como Centro de Barrio Multiétnico de Teotihuacan. Los Sectores Funcionales y El Intercambio a Larga Distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, 621–72. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM.
- Melgar Tísoc, Emiliano R., Reyna Beatriz Solís Ciriaco, y José Luis Ruvalcaba Sil. 2012. "La Lapidaria de Teopancazco: Composición y Manufactura". En *Estudios Arqueométricos Del Centro de Barrio de Teopancazco En Teotihuacan*, editado por Linda R. Manzanilla, 241–68. Ciudad de México: UNAM, Coordinación de Humanidades, Coordinación de la Investigación Científica.
- Melgar Tísoc, Emiliano Ricardo, Reyna Beatriz Solís Ciriaco, y Hervé Victor Monterrosa Desruelles. 2018. *Piedras de Fuego y Agua. Turquesas y Jades Entre Los Nahuas*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia; Museo del Templo Mayor.
- Merwin, Raymond E. 1931. "Chemical Analysis of Pigments". En *The Temple of the Warriors at Chichén Itzá, Yucatán*, editado por Earl H. Morris, Jean Charlot, y Ann A. Morris, 355–56. Washington D.C.: Carnegie Institution of Washington.

- Michelet, Dominique, y Grègory Pereyra. 2009. "Teotihuacan y El Occidente de México". En *Teotihuacan: Ciudad de Los Dioses*, 79–83. México: INAH.
- Miller, Arthur. 1973. *The Mural Painting of Teotihuacan*. Washington D.C.: Harvard University.
- Miller, Heather M. L. 2007. *Archaeological Approaches to Technology*. New York: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315434612>.
- Millon, Clara. 1972. "The History of Mural Art at Teotihuacan". En *Teotihuacan. XI Mesa Redonda*, editado por Alberto Ruz Lhuillier, 1–17. México: Sociedad Mexicana de Antropología.
- . 1973. "Painting, Writing, and Polity in Teotihuacan, Mexico". *American Antiquity* 38 (3): 294. <https://doi.org/10.2307/279716>.
- Millon, René. 1988. "Where Do They All Come from? The Provenance of the Wagner Murals from Teotihuacan". En *Feathered Serpents and Flowering Trees. Reconstructing the Murals of Teotihuacan*, editado por Kathleen Berrin, 78–113. San Francisco: The Fine Arts Museums of San Francisco.
- . 1991. "Descubrimiento de La Procedencia de Las Pinturas Murales Con Representaciones de Personajes Que Llevan El Tocado de Borlas". En *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas Interpretaciones*, editado por Rubén Cabrera, 186–92. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección científica.
- Millon, René Francis, Bruce Drewitt, y George L Cowgill. 1973. "Urbanization at Teotihuacán, Mexico". Austin: University of Texas Press.
- Millon, René, y Saburo Sugiyama. 1991. "Concentración de Pinturas Murales En El Conjunto Arquitectónico Grande, al Este de La Plaza de La Luna". En *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas Interpretaciones*, editado por Rubén Cabrera, 211–31. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección científica.
- Muñoz Barros, María del Rocío. 2019. "Caracterización de La Policromía de Tres Segmentos de La 'Escultura de Jaguar' de La Fachada Ponoiente de La Estructura 2, Palacio de Xalla, Teotihuacán." Tesis de Máster, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla.
- Múnera Bermúdez, Luis Carlos. 1985. "Un Taller de Ceramica Ritual En La Ciudadela, Teotihuacan". Tesis de licenciatura, ENAH.
- Muñoz Fuentes, Margarita. 2014. "La Figura Humana En Techinantitla, Teotihuacan. Imágenes Teotihuacanas En Busca de Sitio". Ensayo, Universidad Nacional Autónoma de México.

- . 2019. “La Integración de La Pintura Mural de Techinantitla y Tlacuilapaxco, Barrio de Amanalco, a La Plástica Teotihuacana”. PhD, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Munson, Martin K., y Kelley Hays-Gilpin, eds. 2020. *Color in the Ancestral Pueblo Southwest*. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- Murakami, Tatsuya. 2010. “Power Relations and Urban Landscape Formation: A Study of Construction Labor and Resources at Teotihuacan”. Tesis doctoral, Arizona State University.
- . 2015. “Replicative Construction Experiments at Teotihuacan, Mexico: Assessing the Timing and Duration of Monumental Construction”. *Journal of Field Archaeology* 40: 262–83.
- . 2016. “Materiality, Regimes of Value, and the Politics of Craft Production, Exchange, and Consumption: A Case of Lime Plaster at Teotihuacan, Mexico”. *Journal of Anthropological Archaeology* 42: 56–78. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2016.03.003>.
- Nassau, Kurt. 1998. *Color for Science, Art and Technology*. Amsterdam-New York: North Holland. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>.
- Nesterov, D. I., y M. Yu Fedorova. 2017. “Colour Perception in Ancient World”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 262 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012139>.
- Nichols, Deborah L. 2016. “Teotihuacan”. *Journal of Archaeological Research* 24 (1): 1–74. <https://doi.org/10.1007/s10814-015-9085-0>.
- Nondédéo, Philippe, Alfonso Lacadena García-Gallo, y Juan Ignacio Cases Martín. 2019. “Teotihuacan and the Maya in the «Entrada» of 11 Eb’ (AD 378): New Data from Naachtun, Peten, Guatemala”. *Revista Española de Antropología Americana* 49: 53–75. <https://doi.org/10.5209/reaa.64960>.
- O’Neil, Megan. 2017. “Stucco-Painted Vessels from Teotihuacan: Integration of Ceramics and Mural Traditions”. En *Teotihuacan: City of Water, City of Fire*, editado por Matthew Robb, 180–87. Oakland: Fine Arts Museums of San Francisco-de Young and University of California Press.
- Ochoa Castillo, Patricia. 2016. “El Preclásico Del Altiplano Central”. En *El Color de Los Dioses. Policromía En La Antigüedad Clásica y Mesoamérica*, editado por Evelyn Useda Miranda, María Helena Rangel Guerrero, y Mariana Zamudio Casanova, 41M–46M. Ciudad de México: Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Bellas Artes.

- Ohta, Noboru, y Alan R. Robertson. 2005. *Colorimetry. Fundamentals and Applications*. Ontario: Wiley, Society for Imaging Science and Technology.
- Olmedo Vera, Bertina. 2016. "Culto y Policromía En Mesoamérica". En *El Color de Los Dioses. Policromía En La Antigüedad Clásica y Mesoamérica*, editado por Evelyn Useda Miranda, María Helena Rangel Guerrero, y Mariana Zamudio Casanova, 38M-39M. Ciudad de México: Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Ortega Cabrera, Verónica. 2014. "La Presencia Oaxaqueña En La Ciudad de Teotihuacan Durante El Clásico". Tesis doctoral, UNAM.
- . 2020. "El Complejo Arquitectónico Quetzalpapálotl, Teotihuacan: Una Posible Sede Del Poder Público". En *Las Sedes Del Poder En Mesoamérica*, editado por Linda Manzanilla, 428. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas; El Colegio Nacional.
- Ortega Cabrera, Verónica, Viridiana Guzmán Torres, Emiliano R. Melgar Tísoc, y Serafín Sánchez Pérez. 2019. "Análisis Tecnológico de Los Monolitos de Piedra Verde Hallados En La Plaza de La Pirámide de La Luna, Teotihuacán". *Boletín de Arqueología Experimental*, núm. 13: 37. <https://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.003>.
- Padilla, Carmella, Barbara C Anderson, Blair Clark, y Museum of International Folk Art (N.M.). 2015. *A Red like No Other : How Cochineal Colored the World: An Epic Story of Art, Culture, Science, and Trade*. New York: Skira/Rizzoli.
- Palomares Rodriguez, María Teresa. 2007. "Ocupación Zapoteca En Tlailotlacan, Teotihuacan. Un Estudio de Identidad y Adaptación En La Unidad Doméstica TL1". Licenciatura en Arqueología, México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Panczner, William D. 1987. *Minerals of Mexico*. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5848-1>.
- Pasco Saldaña, Gilda María. 2010. "Análisis Colorimétrico de Pinturas al Barniz. El Problema de La Iluminación En La Reintegración Cromática". Tesis de Licenciatura en Restauracion de Bienes Muebles, Escuela de Conservación y Restauración de Occidente.
- Paszatory, Esther. 1988. "A Reinterpretation of Teotihuacan and Its Mural Tradition". En *Feathered Serpetns and Flowering Trees. Reconstructin the Murals of Teotihuacan*, editado por Kathleen Berrin, 45–77. San Francisco: The fine Arts Museums of San Francisco.

- . 1992. "Abstraction and the Rise of an Utopian State at Teotihuacan". En *Art, Ideology and the City of Gods*, editado por J. Berlo, 281–320. Washington D.C.: Dumbarton Oaks.
- . 1997. *Teotihuacan: An Experiment in Living*. University of Oklahoma Press.
- Paulinyi, Zoltán. 1986. "Capitals in Pre-Aztec Central Mexico". *Acta Orientalia Academiae Scientiarum Hung XXXV* (2–3): 315–50.
- . 1995. "El Pájaro Dios Mariposa de Teotihuacan". *Boletín Del Museo Chileno de Arte Precolombino*, núm. 6: 71–110.
- . 2001. "Los Señores Con Tocado de Borlas: Un Estudio Sobre El Estado Teotihuacano". *Ancient Mesoamerica* 12 (1): 1–30.
- . 2014. "The Butterfly Bird God and His Myth at Teotihuacan". *Ancient Mesoamerica* 25 (01): 29–48. <https://doi.org/10.1017/S0956536114000054>.
- Pecci, Alessandra, Domenico Miriello, Donatella Barca, Gino M. Crisci, Raffaella de Luca, Agustín Ortiz, Linda R. Manzanilla, Jorge Blancas, y Luis Barba. 2018. "Identifying a Technological Style in the Making of Lime Plasters at Teopancazco (Teotihuacan, México)". *Archaeological and Anthropological Sciences* 10 (2): 315–35. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0352-x>.
- Pecci, Alessandra, Natalia Moragas, Luis Barga, Agustín Ortiz, y Jorge Blancas. 2020. "Proyecto Interdisciplinario Para La Localización de Un Centro de Barrio En Teotihuacan (México)". En *Informes y Trabajos 19. Excavaciones En El Exterior*, 106–23. Ministerio de Cultura y Deporte, Gobierno de España.
- Plunket, Patricia, y Monica Blanco. 1979. "Teotihuacan y El Valle de Atlixco", 120–32.
- Plunket, Patricia, y Gabriela Uruñuela. 1998. "Preclasic Household Patterns Preserved under Volcanic Ash at Tetimpa, Puebla, Mexico". *Latin American Antiquity* 9: 287–309.
- . 2000. "The Archaeology of a Plinian Eruption of the Popocatepetl Volcano". En *The Archaeology of Geological Catastrophes*, editado por W.G. McGuire, 195–203. London: Geological Society.
- Pomedio, Chloé. 2018. "La Escuela Francesa de Antropología de Las Técnicas : De La Sociología de Mauss a Las Aplicaciones Actuales En La Arqueología de México". *Cuicuilco*, núm. 72: 51–70.
- Prieto, Gabriel, Véronique Véronique Wright, Richard L. Burger, Colin A. Cooke, Elvira L. Zeballos-Velasquez, Aldo Watanave, Matthew R. Suchomel, y Leopoldo Suescun. 2016. "The Source, Processing and Use of Red Pigment Based on Hematite and Cinnabar at Gramalote, an Early

- Initial Period (1500–1200cal. B.C.) Maritime Community, North Coast of Peru”. *Journal of Archaeological Science: Reports* 5 (febrero): 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.10.026>.
- Quintana, P., V. Tiesler, M. Conde, R. Trejo-tzab, C. Bolio, J. J. Alvarado-gil, y D. Aguilar. 2015. “Spectrochemical Characterization of Red Pigments Used in Classic Period Maya Funerary Practices”. *Archaeometry* 57 (6): 1045–59. <https://doi.org/10.1111/arcm.12144>.
- Radpour, Roxanne, Glenn A. Gates, Ioanna Kakoulli, y John K. Delaney. 2022. “Identification and Mapping of Ancient Pigments in a Roman Egyptian Funerary Portrait by Application of Reflectance and Luminescence Imaging Spectroscopy”. *Heritage Science* 10 (1): 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00639-5>.
- Rangel Chávez, Isaac. 2018. “Metodología Para El Estudio de Pigmentos y Colorantes En Obras de Arte y Patrimonio Cultural Mediante La Técnica de Imagen Infrarroja de Falso Color”. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/LQDHULDEURBQ6YKMDE1ALQSK8C3K1CH5SRMG15K7GJHBBFVBCH-32812?func=full-set-set&set_number=021460&set_entry=000002&format=999.
- Rapp, George. 2009. “Pigments and Colorantes”. En *Archaeomineralogy*, 201–21. Natural Science in Archaeology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-78594-1>.
- Rattray, Evelyn Childs. 1977. “Seriación Cerámica Teotihuacana”. *Anales de Antropología* 14 (1): 37–48.
- . 1989. “El Barrio de Los Comerciantes y El Conjunto de Tlamimilolpa: Un Estudio Comparativo”. *Arqueología* 5: 105–9.
- . 1991. “Fechamientos Por Radiocarbono En Teotihuacan”. *Arqueología* 6: 3–18.
- . 1992. *The Oaxaca Barrio at Teotihuacan*. Puebla: Publicaciones de la UDLA Puebla.
- . 2001a. *Teotihuacan: Cerámica, Cronología y Tendencias Culturales*. México D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, University of Pittsburgh.
- . 2001b. *Teotihuacan. Cerámica, Cronología y Tendencias Culturales*. México: INAH-Universidad de Pittsburg.
- Ricciardi, Paola, John K. Delaney, Michelle Facini, Jason G. Zeibel, Marcello Picollo, Suzanne Lomax, y Murray Loew. 2012. “Near Infrared Reflectance Imaging Spectroscopy to Map

- Paint Binders in Situ on Illuminated Manuscripts”. *Angewandte Chemie - International Edition* 51 (23): 5607–10. <https://doi.org/10.1002/anie.201200840>.
- Rifkin, Riaan F, Linda C Prinsloo, Laure Dayet, Magnus M Haaland, Christopher S Henshilwood, Enrique Lozano Diz, Stanley Moyo, Ralf Vogelsang, y Fousy Kambombo. 2016. “Characterising Pigments on 30000-Year-Old Portable Art from Apollo 11 Cave, Karas Region, Southern Namibia”. *Journal of Archaeological Science: Reports* 5 (febrero): 336–47. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.11.028>.
- Robb, Matthew, ed. 2017. *Teotihuacan. City of Water, City of Fire*. San Francisco: Fine Arts Museums of San Francisco-de Young and University of California Press.
- Robles García, Nelly M., Leobardo D. Arias Pacheco, y Mireya Olvera Sánchez. 2014. “El Señor Ocho Temblor y La Señora Agua , Dos Urnas Zapotecas de Elite En Atzompa , Oaxaca : Iconografía y Conservación”. *Arqueología. Segunda Época* 49: 120–33.
- Rodríguez Galicia, Bernardo, Raúl Valadez Azúa, y Mario Martínez Mayén. 2017. “Restos de Cangrejo Rojo (*Gecarcinus lateralis*) y Cangrejo Azul (*Cardisoma guanhumi*), En El Contexto Arqueológico Teotihuacano de Teopancazco”. *TIP* 20 (1): 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2016.11.006>.
- Rodríguez Torres, Gloria. 2014. “Proyecto de Conservación Integral Del Conjunto Arquitectónico Patio de Los Jaguares. Informe Final. Segunda Temporada de Trabajo 2013”. México.
- Rodríguez Torres, Gloria, Edwin Romero Meneses, y Victor H. Castañeda Leaños. 2013. “Proyecto de Conservación Integral Del Conjunto Arquitectónico Patio de Los Jaguares. Informe Final. Primera Temporada de Trabajo”. México.
- Roque, Georges. 2003. *El Color En El Arte Mexicano*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas.
- Rosales de la Rosa, Edgar Ariel. 2004. “Usos, Manufactura y Distribución de La Mica En Teotihuacan”. Tesis de licenciatura, ENAH.
- Rosales de la Rosa, Edgar Ariel, y Linda R. Manzanilla. 2011. “Producción, Consumo y Distribución de La Mica En Teotihuacan. Presencia de Un Recurso Alóctono En Los Contextos Arqueológicos de Dos Conjuntos Arquitectónicos: Xalla y Teopancazco”. En *Producción Artesanal y Especializada En Mesoamérica. Áreas de Actividad y Procesos Productivos*, editado por Linda R. Manzanilla Naim y Kenneth G Hirth, 131–53. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.

- Rovesti, Paolo. 1975. *Alla Ricerca Dei Cosmetici Perduti*. Venecia: Blow-up di Marsilio Editori.
- Rovira Morgado, Rossend. 2008. "Patrones de Almacenaje Y Especializacion Ocupacional En Las Unidades Residenciales de La Ciudad Prehispánica de Teotihuacan (México)". *Estrat Crític*.
- Ruvalcaba, Jose Luis, Sandra Zetina, Helena Calvo del Castillo, Elsa Arroyo, Eumelia Hernández, Marie van der Meeren, y Laura Sotelo. 2007. "The Grolier Codex: A Non Destructive Study of a Possible Maya Document Using Imaging and Ion Beam Techniques". *MRS Proceedings* 1047 (January 2007): 1047-Y06-07. <https://doi.org/10.1557/PROC-1047-Y06-07>.
- Ruvalcaba Sil, J. L., D. Ramírez Miranda, V. Aguilar Melo, y F. Picazo. 2010. "SANDRA: Portable XRF System for the Study of Mexican Cultural Heritage". *X-Ray Spectrometry* 39 (5): 338–45. <https://doi.org/10.1002/xrs.1257>.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Luis Barba, Edgar Casanova González, Alejandro Mitrani, Margarita Muñoz, Isaac Rangel Chavez, Miguel Ángel Maynez Rojas, y Jaqueline Cañetas. 2021. "Analytical Approach for the Study of Teotihuacan Mural Paintings from the Techinantitla Complex". *Minerals* 11 (5). <https://doi.org/10.3390/min11050508>.
- Sahagún, Bernardino De. 1577. *General History of the Things of New Spain by Fray Bernardino de Sahagún: The Florentine Codex*.
- . 2013. *Historia General de Las Cosas de Nueva España*. Editado por Miguel Angel Garibay. México: Editorial Porrúa.
- Sahlins, Marshall. 1976. "Colors and Cultures". *Semiotica* 16 (1): 1–22. <https://doi.org/10.1515/semi.1976.16.1.1>.
- Sánchez López, Adriana Iveth. 2014. "Proyecto de Conservación Integral Del Complejo Arquitectónico Quetzalpapálotl. Segunda Etapa (Conjunto Jaguares) 2014".
- Sánchez Morton, Ligia Sofia. 2013. "Los Pigmentos Del Sitio 46C:N4E2. Su Manufactura Como Evidencia de Especialización Artesanal." ENAH.
- Sanders, William T. 1965. *The Cultural Ecology of the Teotihuacan Valley: A Preliminary Report of Result of the Teotihuacan Valley Project*. Department of Anthropology, Pennsylvania State University.
- . 1994. *The Teotihuacan Valley Project. Final Report*. Pennsylvania State University.
- Sanders, William T., Jeffrey R. Parsons, y R. S. Santley. 1979. *The Basin of Mexico. Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*. New York.

- Saunders, Nicholas J. 2002. "The Colours of Light: Materiality and Chromatic Cultures of the Americas". En *Colouring the Past. The Significance of Colour in Archaeological Research*, editado por Andrew Jones y Gavin MacGregor, 209–26. Oxford: Berg.
- Schanda, János. 2007. *Colorimetry. Understanding the CIE System*. United States of America: Wiley-Interscience.
- Schwede, Rudolf. 1912. *Über Das Papier Der Maya-Codices Und Einiger Altmexikanischer Bilderhandschriften*. Dresden: Technische Hochschule zu Dresden, Verlag von Richard Bertling.
- Seler, Eduard. 2016. *Codex Fejérváry-Mayer An Old Mexican Picture Manuscript in the Liverpool Free Public Museums, Published at the Expense of His Excellency the Duke of Loubat Foreign Correspondent of the Institute of France*. Forgotten. Forgotten Books.
- Sellen, Adam T. 2007. *El Cielo Compartido : Deidades y Ancestros En Las Vasijas Efigie Zapotecas*. Monografías / UNAM, Centro Peninsular En Humanidades y Ciencias Sociales: 4. México: UNAM, Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales.
- Sepúlveda, Marcela. 2009. "Aspectos Tecnológicos En La Pintura Rupestre. Reflexiones Elaboradas a Partir de Análisis Físicoquímicos Aplicados al Estudio de Las Pinturas de La Localidad Del Río Salado". En *VII Simposio Internacional de Arte Rupestre*, 119–28.
- . 2011. "Rock Art Painting and Color Technology in Southernmost Chile". *Magallania* 39 (1): 193–210.
- . 2021. "Making Visible the Invisible. A Microarchaeology Approach and an Archaeology of Color Perspective for Rock Art Paintings from the Southern Cone of South America". *Quaternary International* 572 (enero): 5–23. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.05.031>.
- Sepúlveda, Marcela, Francisco Gallardo, Benjamín Ballester, Gloria Cabello, y Estefanía Vidal. 2018. "El Condor Mine: Prehispanic Production and Consumption of Hematite Pigments in the Atacama Desert, Northern Chile". *Journal of Anthropological Archaeology*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2018.04.001>.
- Sepúlveda, Marcela, Hélène Rousseliere, Elsa van Elslande, Bernardo Arriaza, Vivien G. Standen, Calogero M. Santoro, y Philippe Walter. 2014a. "Study of Color Pigments Associated to Archaic Chinchorro Mummies and Grave Goods in Northern Chile (7000–3500 B.P.)". *Heritage Science Journal* 2 (1): 7. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-7>.

- Sepúlveda, Marcela, H elene Rousseliere, Elsa van Elslande, Bernardo Arriaza, Vivien Standen, Calogero M. Santoro, y Philippe Walter. 2014b. "Study of Color Pigments Associated to Archaic Chinchorro Mummies and Grave Goods in Northern Chile (7000-3500 B.P.)". *Heritage Science* 2 (1). <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-7>.
- Sepúlveda, Marcela, y Véronique Wright. 2018. "Pigmentos, Pinturas Rupestres y Murales". En *Arqueometría. Estudios Analíticos de Materiales Arqueológicos*, editado por Rémy Chapoulie, Marcela Sepúlveda, Del Solar Velarde Nino, y Véronique Wright, 5–28. Tarapacá: Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA); Universit  Bordeaux Montaigne; Universidad de Tarapacá.
- Shevell, Steven K., ed. 2003. *The Science of Color*. Oxford: Optical Society of America; Elsevier.
- Sillar, B., y M. S. Tite. 2000. "The Challenge of 'technological Choices' for Materials Science Approaches in Archaeology". *Archaeometry* 42 (1): 2–20. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00863.x>.
- Smith, Michael E. 2010. "The Archaeological Study of Neighborhoods and Districts in Ancient Cities". *Journal of Anthropological Archaeology* 29: 137–54.
- Smith, Michael E., y J. Novic. 2012. "Introduction: Neighborhoods and Districts in Ancient Mesoamerica". En *The Neighborhood as a Social and Spatial Unit in Mesoamerican Cities*, editado por M. C. Arnaud, Linda R. Manzanilla Naim, y Michael E. Smith, 1–27. Tucson: The University of Arizona Press.
- Sol , V. A., E. Papillon, M. Cotte, Ph Walter, y J. Susini. 2007. "A Multiplatform Code for the Analysis of Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectra". *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 62 (1): 63–68. <https://doi.org/10.1016/J.SAB.2006.12.002>.
- Soustelle, Jacques. 1959. *Pensamiento Cosmol gico de Los Antiguos Mexicanos: Representación Del Mundo y Del Espacio*. Puebla: Federación Estudiantil Poblana.
- Spence, Michael W. 1967. "The Obsidian Industry of Teotihuacán". *American Antiquity* 32 (04): 507–14. <https://doi.org/10.2307/2694078>.
- . 1984. "Craft Production and Polity in Early Teotihuacan". En *Trade and Exchange in Early Mesoamerica*, editado por Kenneth G Hirth, 87–114. Albuquerque: University of New Mexico Press.

- . 1986. "Locational Analysis of Craft Specialization Areas in Teotihuacan". En *Research in Economic Anthropology, Supplement 2: Economic Aspects of Prehispanic Highland Mexico*, editado por B. L. Isaac, 75–100. Greenwich: JAI Press.
- Stephens, John Lloyd. 1847. *Incidents of Travel in Yucatan. John L. Stephens*. Condensed. Panorama.
- Sugiyama, Nawa, William L. Fash, y Saburo Sugiyama. 2020. "The Maya at Teotihuacan? New Insights into Teotihuacan-Maya Interactions from Plaza of the Columns Complex". En *Teotihuacan. The World beyond the City*, editado por Kenneth G. Hirth y David M. Carballo, 139–71. Washington D.C.: Dumbarton Oaks Pre-Columbian Symposia and Colloquia series, Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Sugiyama, Saburo. 1993. "Worldview Materialized in Teotihuacan". *Latin American Antiquity* 4 (2): 103–29. <https://doi.org/10.2307/971798>.
- . 2004a. "Governance and Polity at Classic Teotihuacan". En *Mesoamerican Archaeology: Theory and Practice*, editado por July Hendon y Rose Mary Marcus, 97–123. Malden: Blackwell Publishing.
- . 2004b. *Human Sacrifice, Militarism and Rulership*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sugiyama, Saburo, y Rubén Cabrera Castro. 2007. "The Moon Pyramid Project and the Teotihuacan State Polity: A Brief Summary of the 1998-2004 Excavations". *Ancient Mesoamerica* 18 (1): 109–25. <https://doi.org/10.1017/S0956536107000053>.
- Taçon, Paul S.C. 2008. "Rainbow Colour and Power among the Waanyi of Northwest Queensland". *Cambridge Archaeological Journal* 18 (2): 163–76. <https://doi.org/10.1017/S0959774308000231>.
- Thompson, Eric. 1934. "Sky Bearers, Colors and Directions in Maya and Mexican Religion". *Contributions to American Archaeology* 2 (10): 209–42.
- Tilley, Richard J.D. 2011. *Colour and the Optical Properties of Materials: An Exploration of the Relationship Between Light, the Optical Properties of Materials and Colour. Colour and the Optical Properties of Materials: An Exploration of the Relationship Between Light, the Optical Properties of Materials and Colour*. <https://doi.org/10.1002/9780470974773>.
- Tite, Michael. 2018. "Archaeometry". *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, 1–2. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0038>.

- Tokovinine, Alexandre. 2012. "Writing Color: Words and Images of Colors in Classic Maya Inscriptions". *Res: Anthropology and Aesthetics* 61–62 (marzo): 283–99. <https://doi.org/10.1086/RESvn1ms23647836>.
- Tokovinine, Alexandre, y Cameron L. McNeil. 2012. "Colored Things, Chromatic Stories: Searching for the Pigments of the Past". *Res: Anthropology and Aesthetics* 61–62: 279–82. <https://doi.org/10.1086/RESvn1ms23647835>.
- Tomasini, Eugenia P., Blanca Gómez, Emilia B. Halac, María Reinoso, Emiliano J. di Liscia, Gabriela Siracusano, y Marta S. Maier. 2015. "Identification of Carbon-Based Black Pigments in Four South American Polychrome Wooden Sculptures by Raman Microscopy". *Heritage Science*. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0049-y>.
- Tomasini, Eugenia P., Emilia B. Halac, María Reinoso, Emiliano J. di Liscia, y Marta S. Maier. 2012. "Micro-Raman Spectroscopy of Carbon-based Black Pigments". *Journal of Raman Spectroscopy* 43 (11): 1671–75. <https://doi.org/10.1002/jrs.4159>.
- Torres Montes, Luis. 1972. "Materiales y Técnicas de La Pintura Mural de Teotihuacán". En *Teotihuacan. XI Mesa Redonda*, editado por Alberto Ruz Lhuillier, 17–42. México: Sociedad Mexicana de Antropología.
- . 1981. "El Examen Científico de Artefactos Arqueológicos: Un Cuadro Teórico General". *Anales de Antropología* 18 (1): 13–55.
- Turner, M. 1988. "The Lapidaries of Teotihuacan, Mexico". En *Teotihuacan: Nuevos Datos, Nuevas Síntesis, Nuevos Problemas*, editado por Emily McClung de Tapia y Evelyn Childs Rattray, 465–71. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- Turner, Margaret Hempenius. 1992. "Style in Lapidary Technology: Identifying the Teotihuacan Lapidary Industry". En *Art, Ideology, and the City of Teotihuacan. A Symposium of Dumbarton Oaks*, 89–112. Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Vahur, Signe, Anu Teearu, y Ivo Leito. 2010. "ATR-FT-IR Spectroscopy in the Region of 550-230 Cm-1 for Identification of Inorganic Pigments". *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 75 (3): 1061–72. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2009.12.056>.
- Vázquez de Ágredos, Maria Luisa, y Linda R. Manzanilla. 2016. "Corporate Paint and Ancient Pharmaceutical Mixtures from Teotihuacan: The Teopancazco Neighborhood Center". *International Journal of Pharmacovigilance* 1 (1): 11.

- Vázquez de Ágredos, María Luisa, Linda R. Manzanilla, y Cristina Vidal Lorenzo. 2012. "Antiguas Esencias Aromáticas y Cosméticos Funerarios Del Barrio Multiétnico de Teopancazco". En *Estudios Arqueométricos Del Centro de Barrio de Teopancazco En Teotihuacan*, Instituto, 195–216. México, D.F.
- Vázquez de Ágredos Pascual, María Luisa. 2009. "El Color y Lo Funerario Entre Los Mayas de Ayer y Hoy. Ritual, Magia y Cotidianeidad". *Península* IV (1): 61–73.
- . 2010. *La Pintura Mural Maya. Materiales y Técnicas Artísticas*. Mérida: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vázquez de Ágredos Pascual, María Luisa, María Teresa Doménech Carbó, y Antonio Doménech Carbó. 2011. "Characterization of Maya Blue Pigment in Pre-Classic and Classic Monumental Architecture of the Ancient Pre-Columbian City of Calakmul (Campeche, Mexico)". *Journal of Cultural Heritage* 12 (2): 140–48. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.12.002>.
- Vázquez de Ágredos Pascual, María Luisa, Linda R. Manzanilla, y Carlos López Puértolas. 2018a. "Color y Cultura En Teotihuacan. Los Pigmentos y Colorantes de Teopancazco Como Caso de Estudio". En *Teopancazco Como Centro de Barrio Multiétnico En Teotihuacan. Los Sectores Funcionales y El Intercambio a Larga Distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, 387–419. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- . 2018b. "Color y Cultura En Teotihuacan. Los Pigmentos y Colorantes de Teopancazco Como Caso de Estudio". En *Teopancazco Como Centro de Barrio Multiétnico En Teotihuacan. Los Sectores Funcionales y El Intercambio a Larga Distancia*, editado por Linda R. Manzanilla, 387–419. Ciudad de México: DGAPA-IIA UNAM.
- Velázquez Castro, Adrian, C. P. Bautista, y Gilberto Pérez Roldán. 2009. "Concha y Hueso". En *Teotihuacan: Ciudad de Los Dioses*, 245–53. México: INAH.
- Villagra Caletí, Agustín. 1952. "Teotihuacan, sus pinturas murales". *México. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Anales*, 67–74.
- . 1954. "Las Pinturas de Tetitla, Atetelco e Ixtapantongo". *Artes de México* 3: 39–57, 59–61, 63–64.

- . 1971. "Mural Painting in Central Mexico". En *Handbook of Middle American Indians*, editado por Robert Wauchope y R. Gordon Willier, X:135–56. Austin: University of Texas Press.
- VV. AA. 2016. *El Color de Los Dioses. Policromía En La Antigüedad Clásica y Mesoamérica*. Editado por Evelyn Useda Miranda, María Helena Rangel Guerrero, y Mariana Zamudio Casanova. Ciudad de México: Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Widmer, Randolph J. 2019. "Lapidary Craft Production at 17:S3E1, the Tlajinga District, Teotihuacan". *Ancient Mesoamerica* 30 (1): 181–97. <https://doi.org/10.1017/S0956536118000044>.
- Widmer, Randolph J., y Rebecca Storey. 2012. "The 'Tlajinga Barrio': A Distinctive Cluster of Neighborhoods in Teotihuacan". *The Neighborhood as a Social and Spatial Unit in Mesoamerican Cities* 9780816599: 102–16.
- Willey, Gordon R., y Philip Phillips. 1954. *Method and Theory in American Archaeology*. Chicago & London: The University of Chicago Press. [https://doi.org/10.1016/S0165-5876\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0165-5876(03)00188-5).
- Wright, Véronique. 2010. "Pigmentos y Tecnología Artística Mochicas : Una Nueva Aproximación En La Comprensión de La Organización Social". *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines* 39 (2): 299–330. <https://doi.org/10.4000/bifea.1950>.
- Zetina, S., J. L. Ruvalcaba, M. Lopez Cáceres, T. Falcón, E. Hernández, C. González, y E. Arroyo. 2011. "Non Destructive In Situ Study of Mexican Codices: Methodology and First Results of Materials Analysis for the Colombino and Azoyu Codices". En *Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry, 13th - 16th May 2008, Siena, Italy*, editado por Isabella Turbanti-Memmi, 349–54. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14678-7_50.
- Zetina, Sandra, José Luis Ruvalcaba Sil, Tatiana Falcón, Eumelia Hernández, Carolusa González, Elsa Arroyo, y Marimin López Cáceres. 2008. "Painting Syncretism : A Non-Destructive Analysis of the Badiano Codex". *9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem Israel, 25-30 May 2008*, núm. May: 25–30.
- Zurita, Judith, y Rogelio Santiago. 2009. "Fitolitos Recuperados de Metates En Sitios Arqueológicos Como Indicadores de Dieta". *Cienciorama*. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/216_cienciorama.pdf.

ANEXOS

- Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco-.....305-418
- Conjunto Plaza de los Jaguares.....418-523
- Tlajinga.....524-567

ANEXOS

- Amanalco: Techinantitla y Tlacuilapaxco-.....305-418
- Conjunto Plaza de los Jaguares.....418-523
- Tlajinga.....524-567

Anexos: Amanalco y Tlacuilapaxo

Listado de materiales de Amanalco

NOMENCLATURA PROPIA FRAGMENTOS	COLECCIÓN		Nº DE CATALOGO	ESTRUCTURA	SUBSITIO
A1	1		-	11	-
A2	1		-	2	-
A3	1		-	2	SW
A4	1		-	2	SW
A5	1		-	9	-
A6	1		-	12	-
A7	1		-	12	-
A8	1		-	12	-
A9	1		-	9	-
A10	1		-	14	-
A11	1		-	6	-
A12	2		565	2	W
A13	2		582	2	W
A14	2		587	2	W
A15	2		588	2	W
A16	2		701	2	W
A17	2		712	2	W
A18	2		719	2	W
A19	2		723	2	W
A20	2		740	2	W
A21	2		741	2	w
A22	2		845	2	w
A23	2		848	2	w
A24	2		851	2	w
A25	2		858	2	w
A26	2		860	2	w
A27	2		897	2	w
A28	2		951	2	w
A29	2		984	2	w
A30	2	991	2	w	A30
A31	2	992	2	w	A31
A32	2	1036	2	w	A32
A33	2	1040	2	w	A33
A34	2	1080	2	W	A34

A36	2	1583	2	W
A37	2	1597	2	W
A38	2	1643	2	W
A39	2	1649	2	W
A40	2	1754	2	W
A41	2	1756	2	W
A42	2	1759	2	W
A43	2	1766	2	W
A44	2	1771	2	W
A45	2	1775	2	W
A46	2	1777	2	W
A47	2	1778	2	W
A48	2	1785	2	W
A49	2	1788	2	W
A50	2	1789	2	W
A51	2	1793	2	W
A52	2	1795	2	W
A53	2	1797	2	W
A54	2	1798	2	W
A55	2	1800	2	W
A56	2	1801	2	W
A57	2	1805	2	W
A58	2	1807	2	W
A59	2	1808	12	-
A60	2	1815	12	-
A61	2	1816	12	-
A62	2	1823	12	-
A63	2	1824	14	-
A64	2	1825	14	-
A65	2	1826	14	-
A66	2	1827	14	-

Tabla resultados

Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Rojo/rosa	580-585 ^a , 740-745 ^b , 490 ^c	Fe, Ca, Si, Al	Tierra roja (FeO ₂ + caolinita)	465, 530, 566, 867, 906, 1004, 1032, 1104	
			Hematita		220, 290, 410, 498, 610, 1316
			Calcita	713, 873, 1410, 1543	285, 711, 1085
			Cuarzo		206, 465
			Carbón		1351, 1590
			Anatasa		143, 294, 516, 639
Anaranjado	585-595 ^a , 745 ^b	Hg, S, Fe	Tierra roja (FeO ₂ + caolinita-montmorillonita)		
			Hematita		
			Cinabrio		
			Calcita		

^a punto de inflexión, ^b máx. reflectancia, ^c absorción:

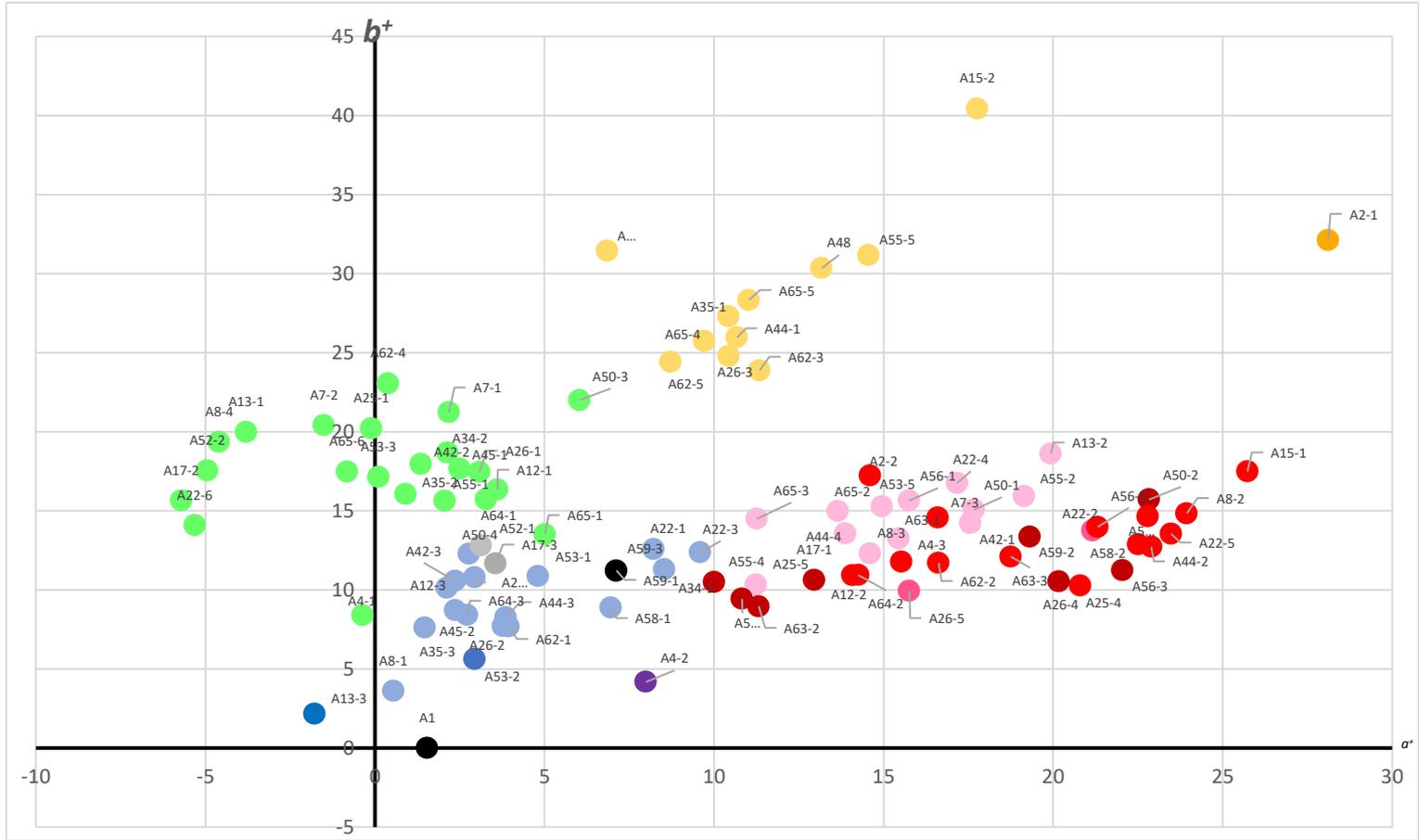
Tabla resultados

Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Amarillo	550-555 ^a , 610 ^b , 650 ^c	Fe, Ca, Si, Al	Tierra amarilla (α FeO.OH + caolinita)	465, 530, 566, 867, 906, 1004, 1032, 1104	
			Goethita		296, 393, 480
			Hematita		224, 292, 408, 610
			Calcita	713, 873, 1410, 1543	285, 711, 1085
			Carbón		1360, 1585
Verde	580-585 ^b	Cu, Zn, As	Malaquita	522, 634, 686, 740, 772, 787, 821, 865	146, 173, 213, 264, 345, 477, 531, 716, 1083, 1367, 1489, 3311, 3380
			Cuarzo		142, 468
			Hematita		220, 290, 410, 495, 610, 1316
			Goethita		303, 401
			Anatasa		143, 294, 516, 639
			Carbón		1360, 1585

Tabla resultados

Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Azul	453 ^b	Cu, As, Zn	Azurita	739, 788, 812, 1420, 1463,	79, 136, 176, 279, 397, 538, 761, 831, 934, 1092, 1417, 1575, 3424
			Malaquita		148, 175, 213, 264, 347, 428, 530, 715, 747, 1053, 1093, 1367, 1489,
			Carbón		1360, 1585
			Aluminosilicato	418, 436, 464, 1042	
Gris azulado		Ca	Calcita	704, 865, 1407	154, 283, 711, 1085
			Hematita		220, 290, 410, 610,
			Carbón		1360, 1592
			Hueso (fosfato de calcio)		965
Negro		Ca	Carbón		1357, 1596
			Calcita		152, 278, 710, 1084
			Caolinita	1007, 1034, 1115	

Diagrama cromático a* b*

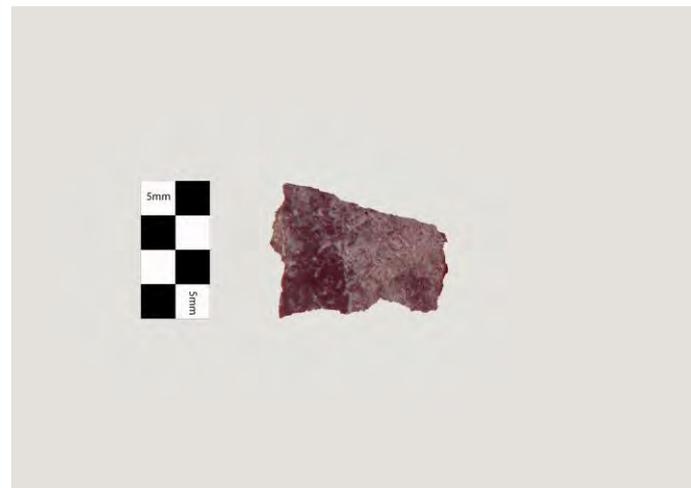


Muestra	L*	a*	b*	Muestra	L*	a*	b*	Muestra	L*	a*	b*
A1	43	1,54	-0,01	A25-5	71	11,24	10,32	A55-3	49	22,79	14,64
A2-1	67	28,12	32,13	A26-1	65	3,08	17,45	A55-4	57	10,00	10,49
A2-2	66	14,60	17,24	A26-2	68	3,77	7,71	A55-5	70	14,56	31,17
A4-1	70	-0,36	8,39	A26-3	69	10,44	24,79	A56-1	67	15,75	15,65
A4-2	47	7,99	4,19	A26-4	43	20,16	10,53	A56-2	55	21,32	13,98
A4-3	56	15,53	11,77	A26-5	63	15,76	9,93	A56-3	48	22,05	11,23
A7-1	62	2,18	21,23	A34-1	63	8,54	11,29	A58-1	53	6,96	8,87
A7-2	69	-1,51	20,41	A34-2	75	2,14	18,68	A58-2	46	22,51	12,88
A7-3	54	16,60	14,57	A35-1	69	10,43	27,31	A59-1	50	7,12	11,24
A8-1	67	0,54	3,61	A35-2	69	0,91	16,05	A59-2	53	19,31	13,37
A8-2	52	23,94	14,84	A35-3	69	1,47	7,60	A59-3	61	7,12	11,20
A8-3	73	14,61	12,30	A42-1	56	17,56	14,22	A62-1	59	3,95	7,68
A8-4	73	-4,60	19,35	A42-2	68	1,35	17,96	A62-2	52	16,62	11,70
A12-1	64	3,61	16,34	A42-3	74	2,37	10,57	A62-3	66	11,35	23,88
A12-2	58	14,08	10,93	A44-1	72	10,68	25,97	A62-4	72	0,39	23,05
A12-3	71	2,12	10,12	A44-2	50	22,89	12,73	A62-5	71	8,72	24,41
A12-4	83	6,85	31,44	A44-3	62	3,86	8,27	A63-1	54	15,45	13,25
A13-1	77	-3,79	19,99	A44-4	65	13,87	13,56	A63-2	51	11,32	8,96
A13-2	59	19,93	18,61	A45-1	64	2,50	17,66	A63-3	53	18,75	12,10
A13-3	43	-1,78	2,15	A45-2	61	2,37	8,71	A64-1	61	3,27	15,73
A15-1	51	25,73	17,48	A48	71	13,17	30,35	A64-2	48	14,26	10,94
A15-2	70	17,76	40,44	A50-1	64	17,67	15,07	A64-3	64	2,72	8,41
A17-1	46	12,96	10,63	A50-2	53	22,83	15,72	A65-1	50	5,01	13,51
A17-2	77	-5,71	15,64	A50-3	76	6,03	22,00	A65-2	67	13,65	14,98
A17-3	50	3,56	11,66	A50-4	73	2,78	12,28	A65-3	64	11,26	14,49
A22-1	65	8,21	12,58	A52-1	57	3,13	12,80	A65-4	70	9,71	25,73
A22-2	57	21,17	13,74	A52-2	80	-4,94	17,54	A65-5	67	11,03	28,33
A22-3	64	9,59	12,37	A53-1	63	4,81	10,86	A65-6	68	-0,82	17,47
A22-4	67	17,17	16,75	A53-2	54	2,94	5,63				
A22-5	49	23,48	13,54	A53-3	70	0,10	17,15				
A22-6	58	-5,32	14,08	A53-4	51	10,83	9,43				
A25-1	74	-0,10	20,22	A53-5	62	14,95	15,27				
A25-2	73	2,94	10,79	A55-1	76	2,06	15,63				
A25-4	48	20,80	10,27	A55-2	58	19,15	15,92				

Muestra A1



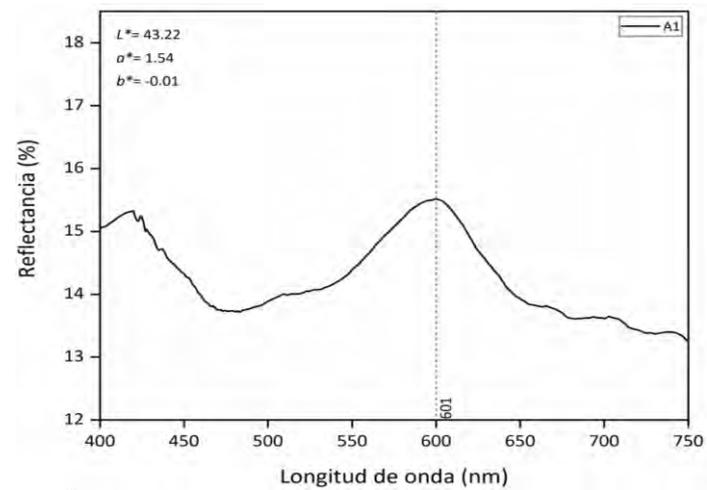
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



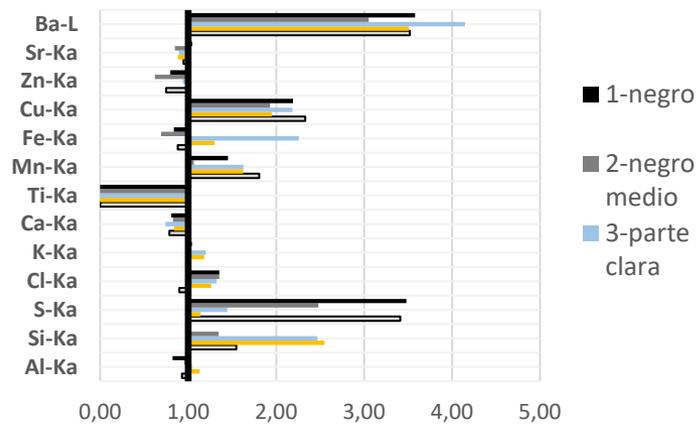
Microscopía óptica 100X



Espectrocolorimetría RUBY

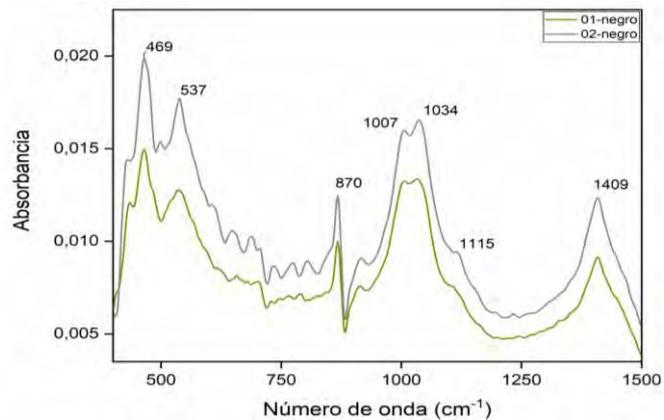


Fluorescencia de Rayos X



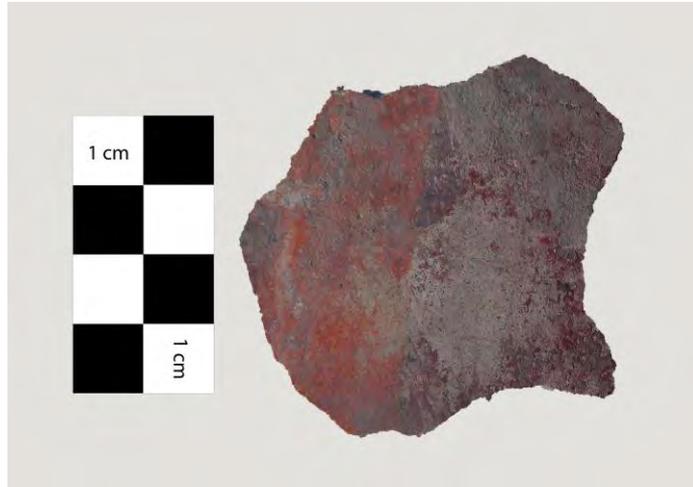
Els. químicos relevantes: Ba, S, Cu

Espectroscopía Infrarroja

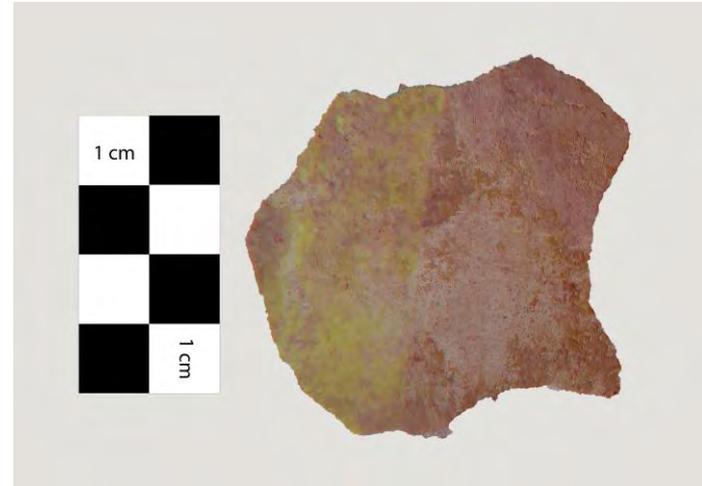


Óxidos de hierro: 469, 537; calcita: 870, 1409; caolinita: 1007, 1034, 1115 cm⁻¹

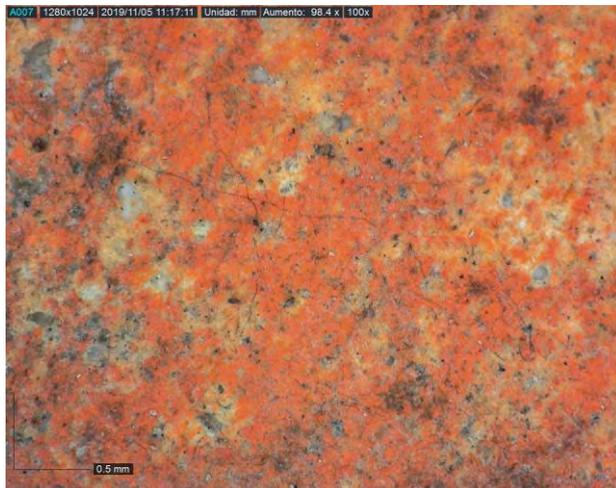
Muestra A2



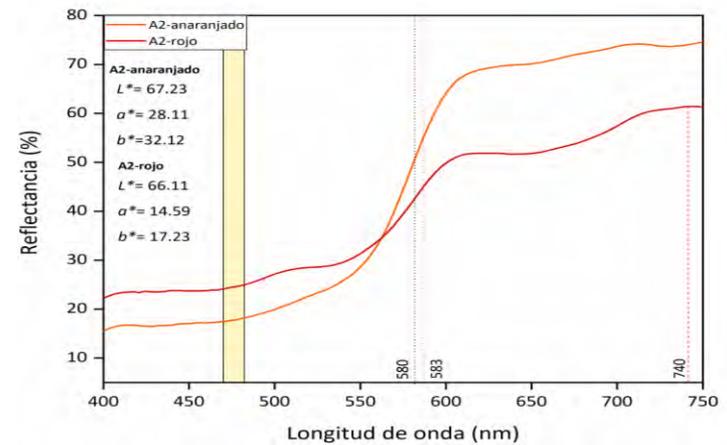
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



Microscopía óptica 100X

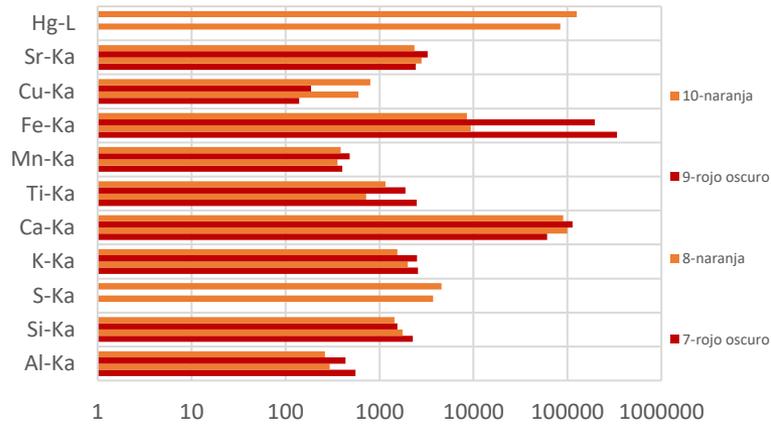


Espectrocolorimetría RUBY



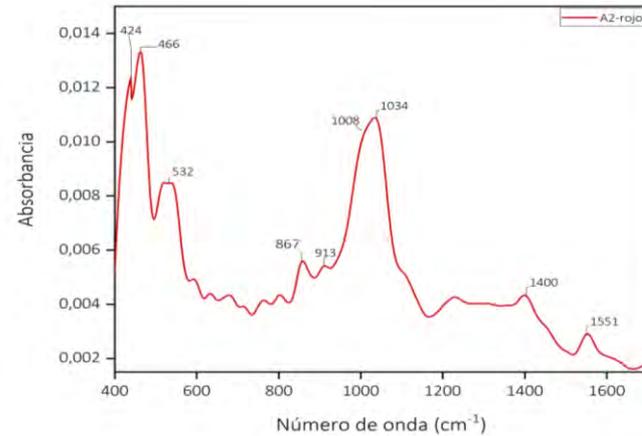
Pto. de inflexión anaranjado: 583 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm; Pto. de inflexión rojo: 580 nm; Máx. de reflectancia: 740nm

Fluorescencia de Rayos X



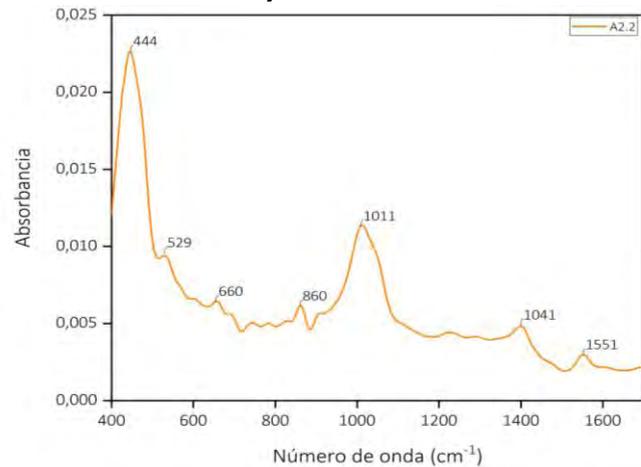
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; **anaranjado:** Hg, S,

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 466, 532; **calcita:** 867, 1409, 1551;
caolinita: 424, 913 1008, 1034 cm⁻¹

Fluorescencia de Rayos X



Óxidos de hierro: 444, 529; **calcita:** 860, 1401, 1551;
aluminosilicato: 1011 cm⁻¹

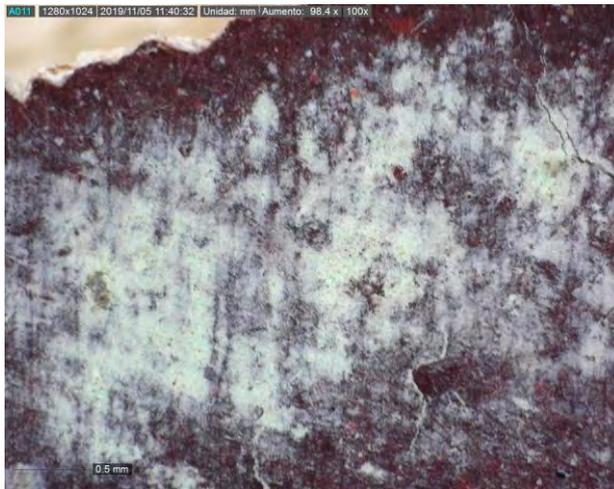
Muestra A4



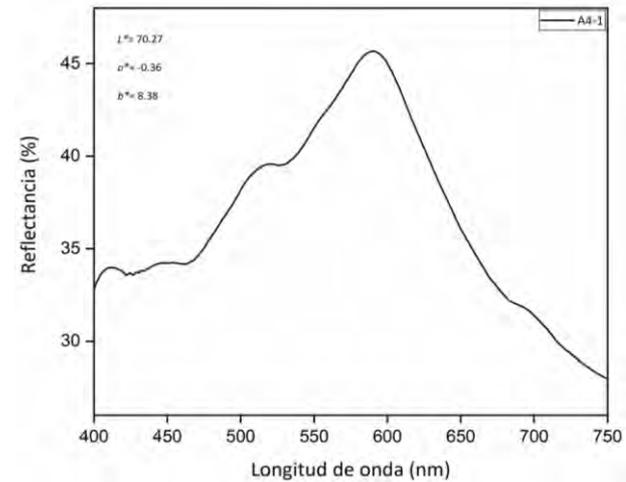
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



Microscopía óptica 100X

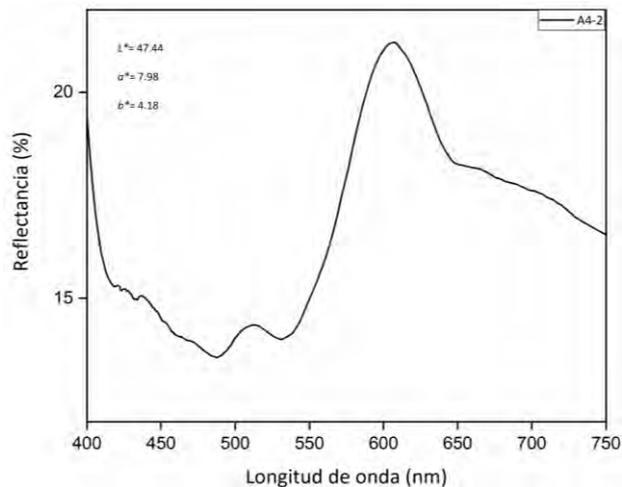


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



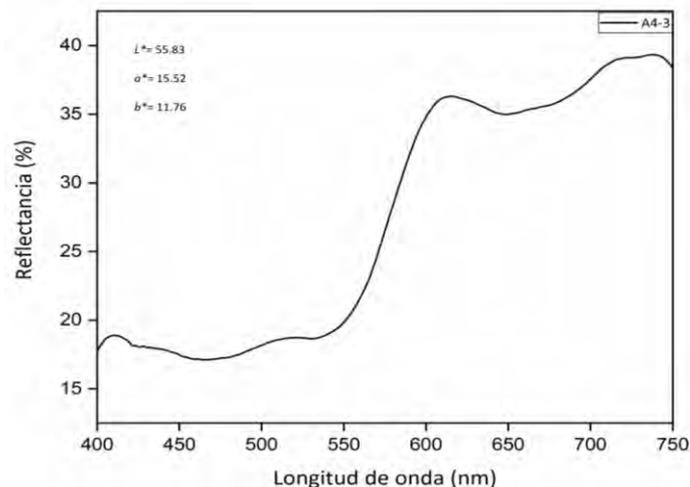
Máx. de reflectancia: 589 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo violáceo)



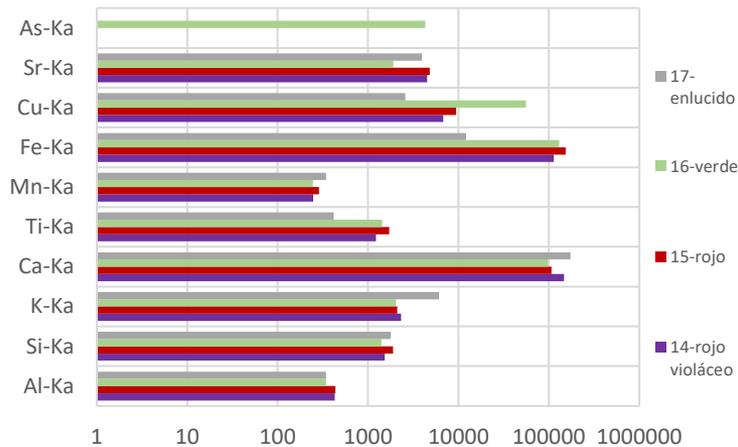
Máx. de reflectancia: 624 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



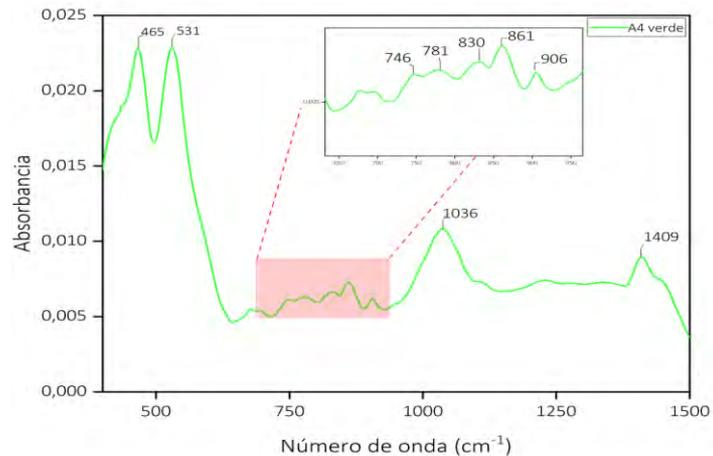
Pto. de inflexión rojo: 580 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm

Fluorescencia de Rayos X



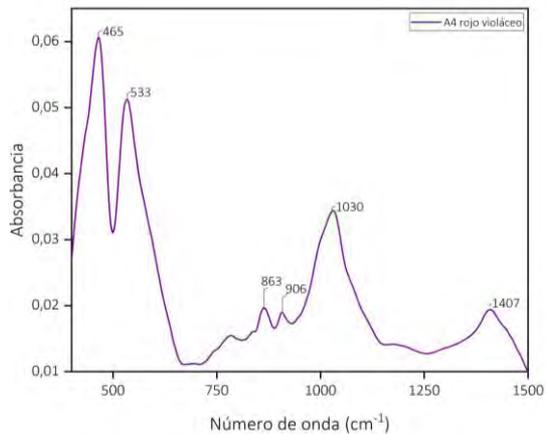
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; verde: Cu, As; rojo violáceo: Fe, Si, Al, K.

Espectroscopía Infrarroja



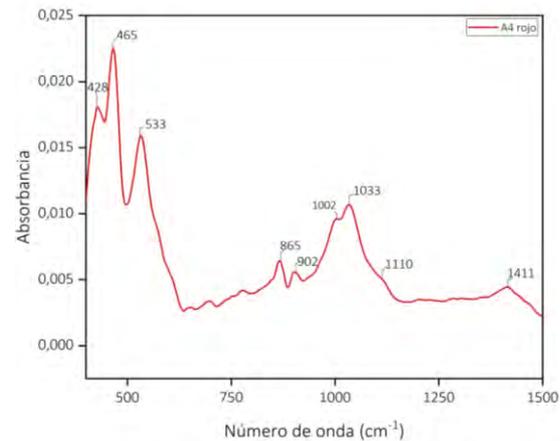
Óxidos de hierro: 465, 531; carbonatos: 1409; aluminosilicatos: 906, 1036; malaquita: 746, 781, 830, 861 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



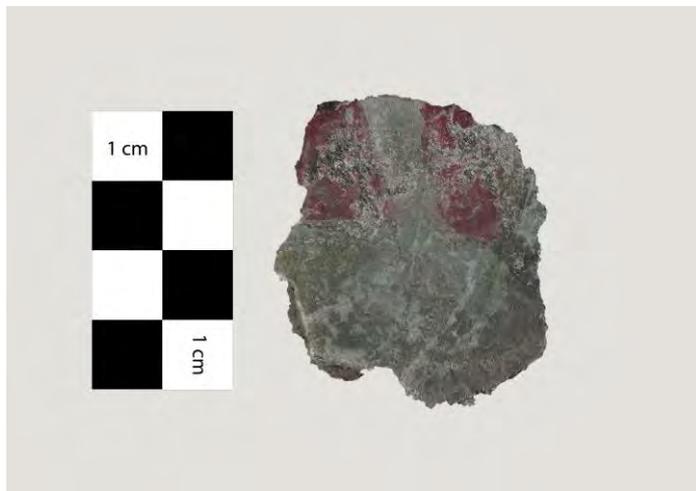
Óxidos de hierro: 466, 532; **calcita:** 867, 1409, 1551;
caolinita: 424, 913, 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

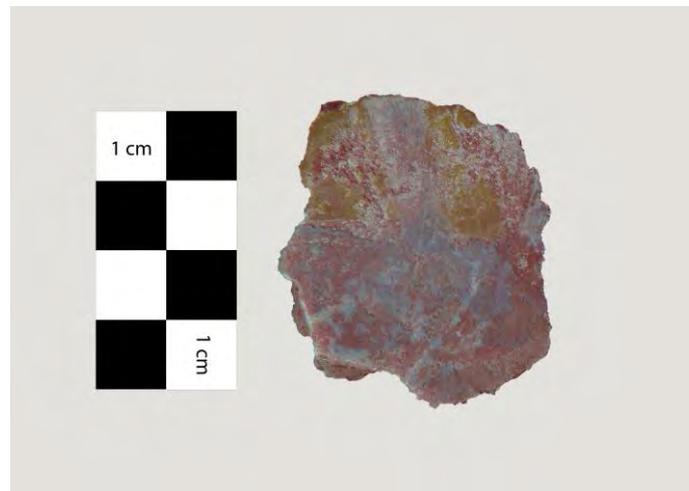


Óxidos de hierro: 466, 532; **calcita:** 867, 1409, 1551;
caolinita: 424, 913, 1002, 1034 cm⁻¹

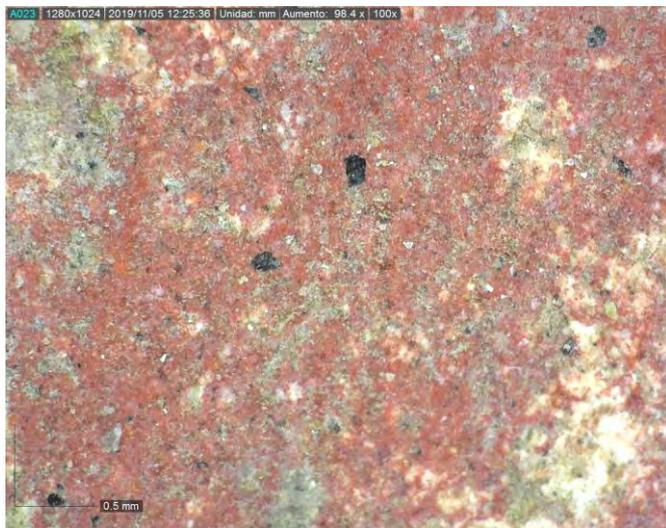
Muestra A7



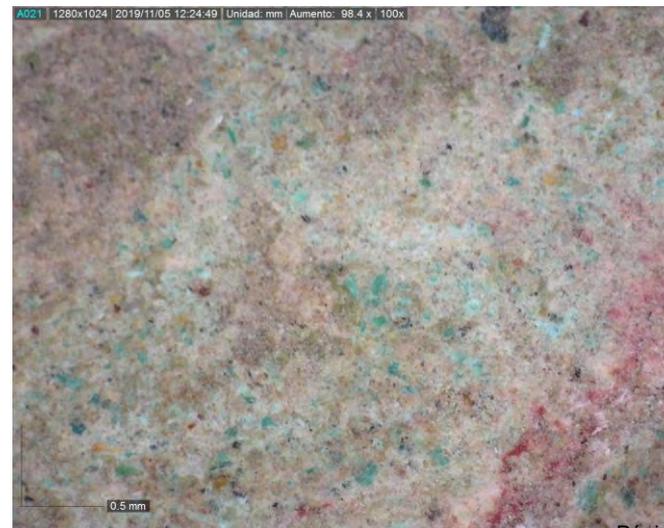
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



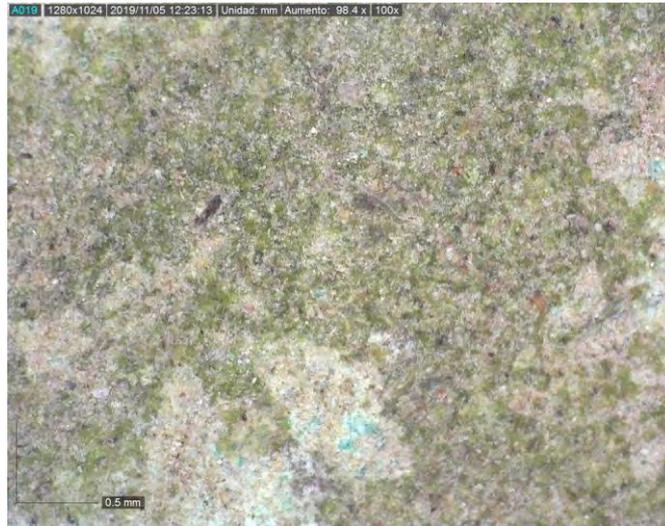
Microscopía óptica 100X



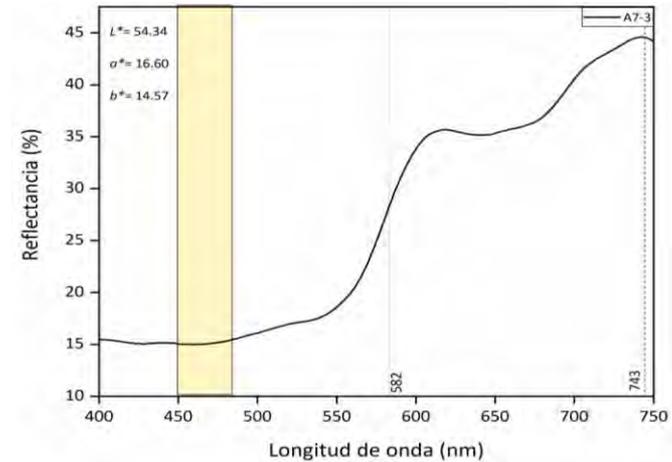
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

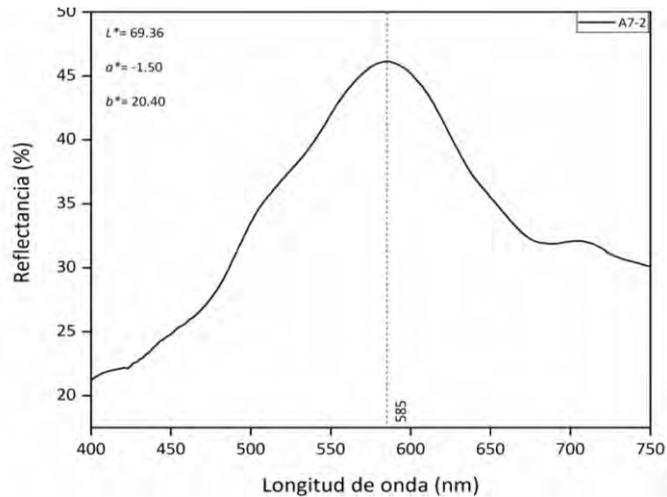


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



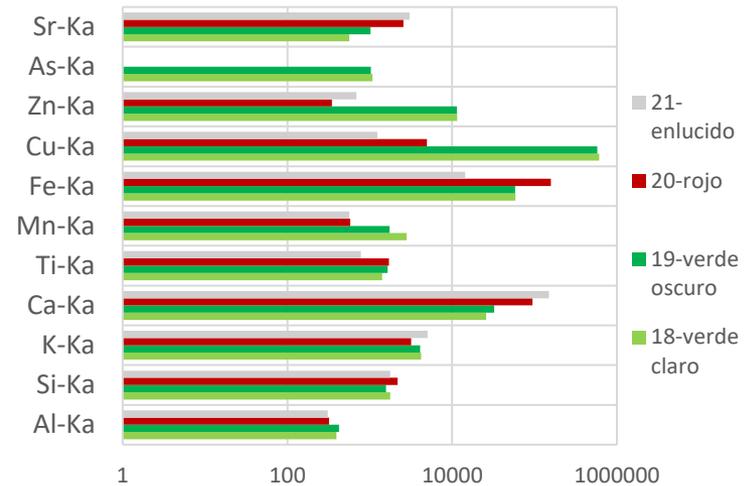
Pto. de inflexión: 582 nm; Máx. de reflectancia: 743 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



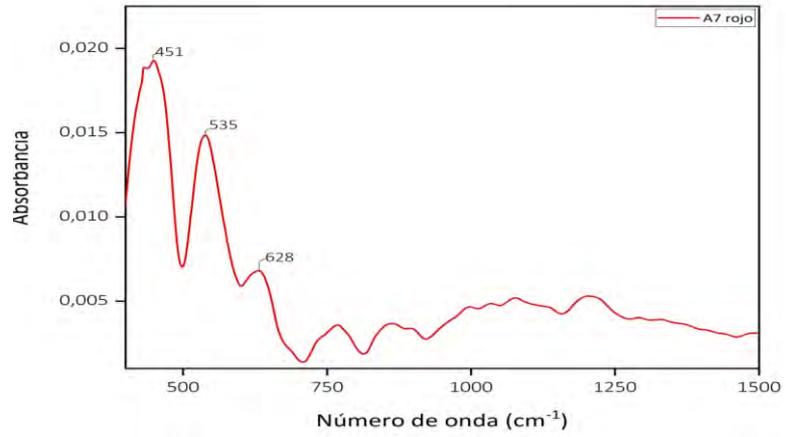
Máx. de reflectancia: 585 nm

Fluorescencia de Rayos X



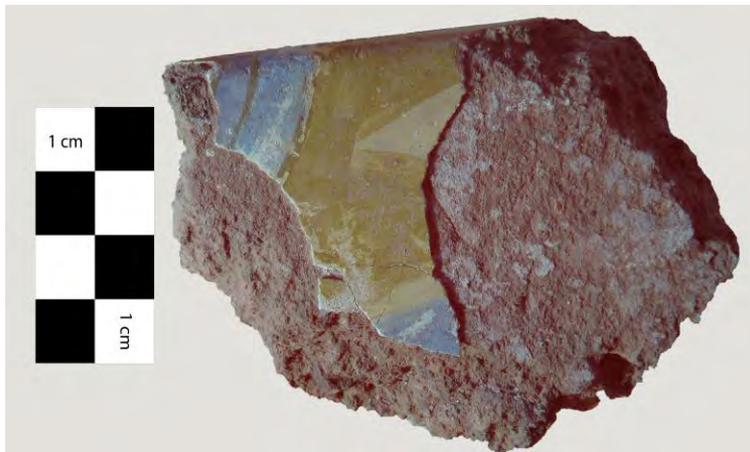
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; verde: Cu, As; Zn

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 451, 535 cm⁻¹

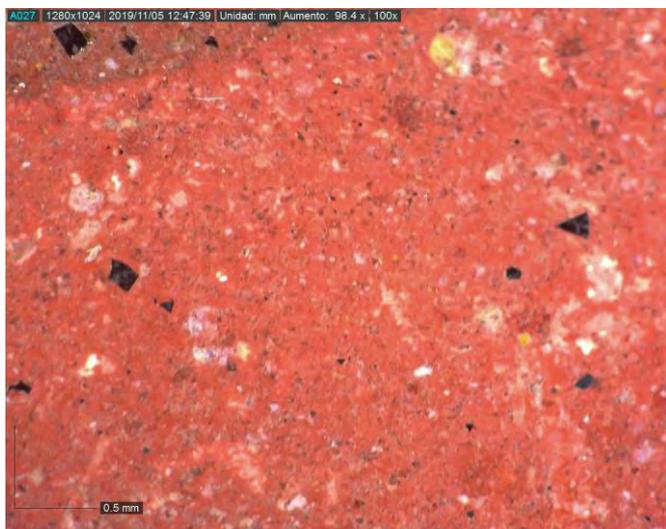
Muestra A8



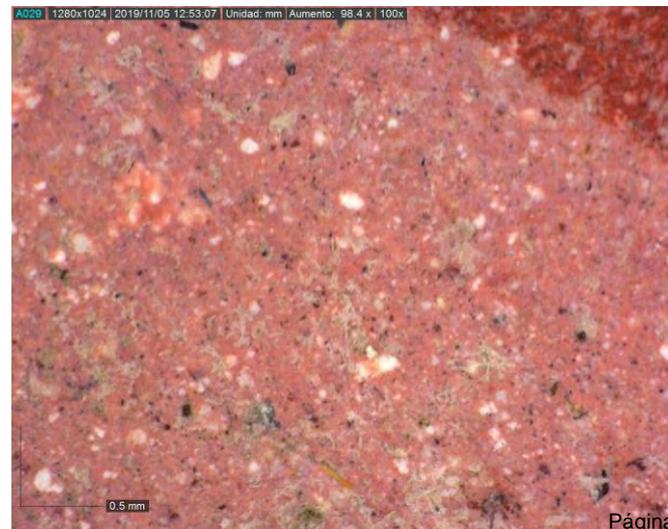
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



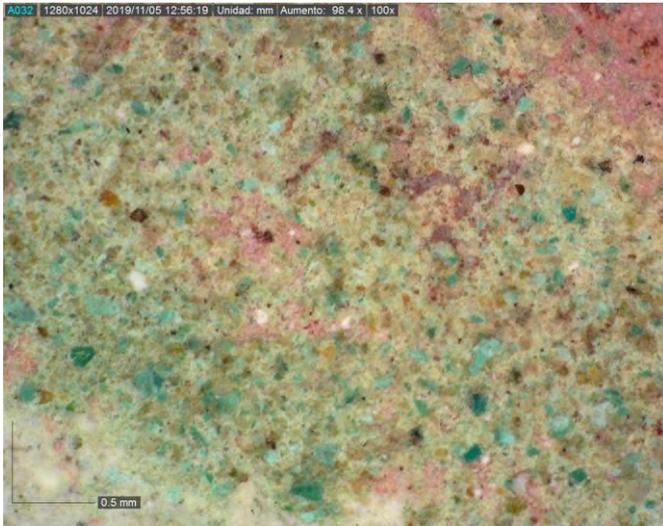
Microscopía óptica 100X



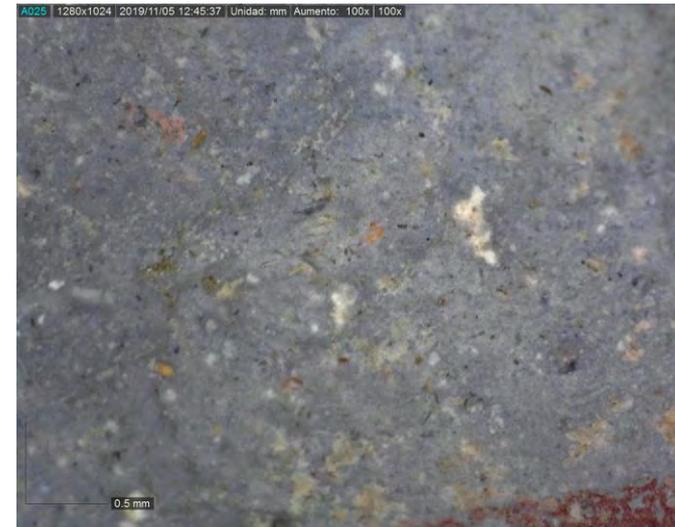
Microscopía óptica 100X



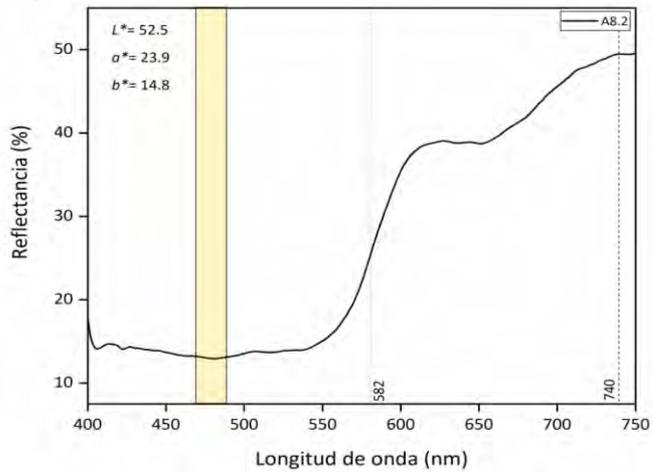
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

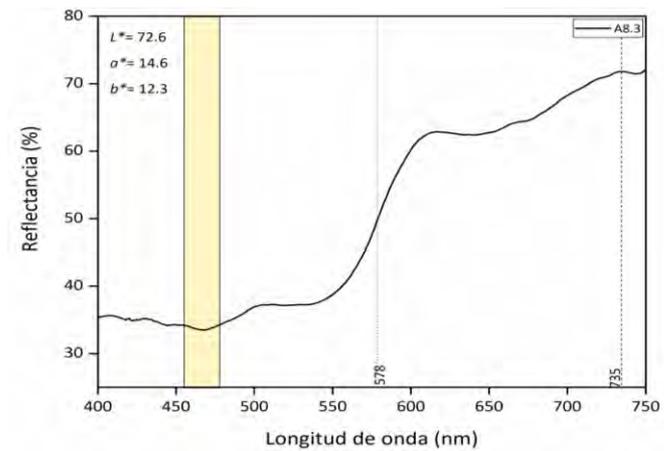


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



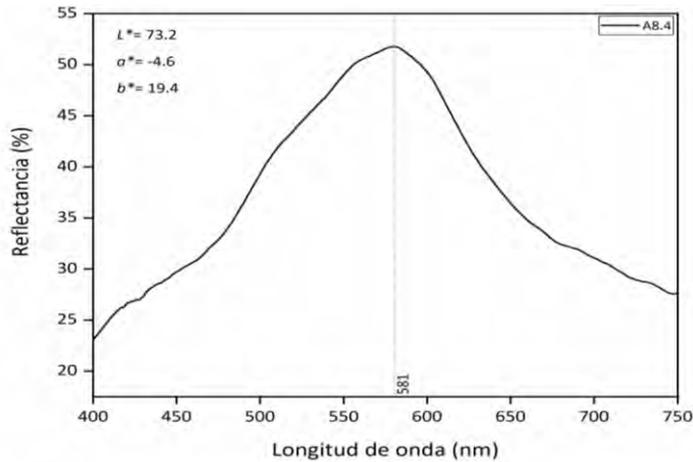
Pto. de inflexión: 582 nm; **Máx. de reflectancia:** 740 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (rosa)



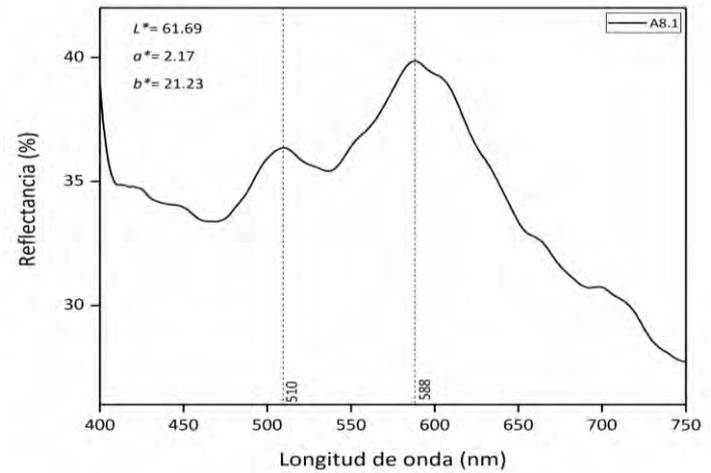
Pto. de inflexión: 578 nm; **Máx. de reflectancia:** 735 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



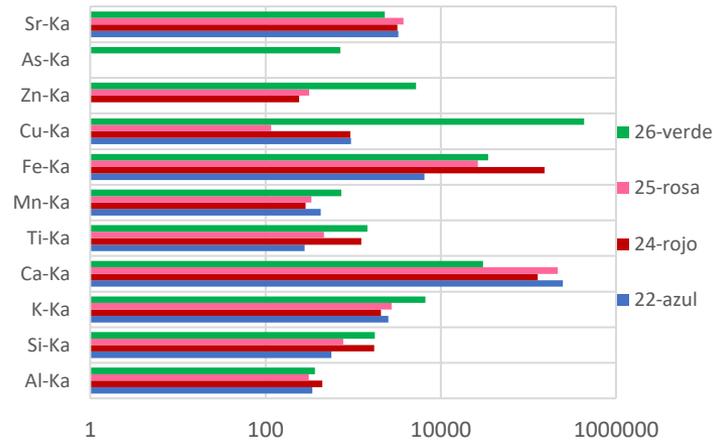
Máx. de reflectancia : 581 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



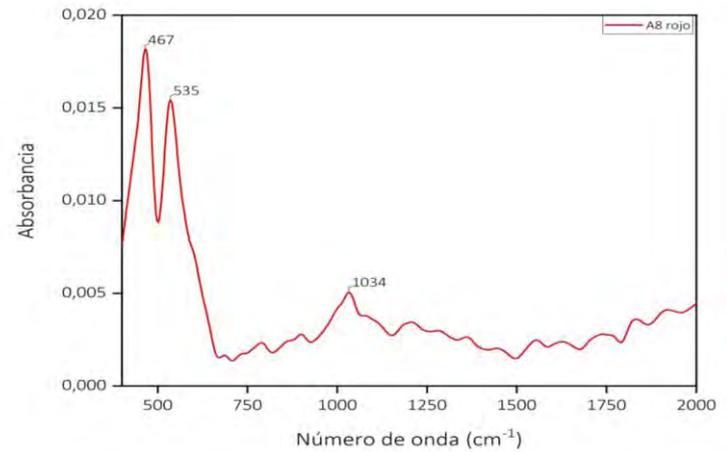
Máx. de reflectancia: 510, 588 nm

Fluorescencia de Rayos X



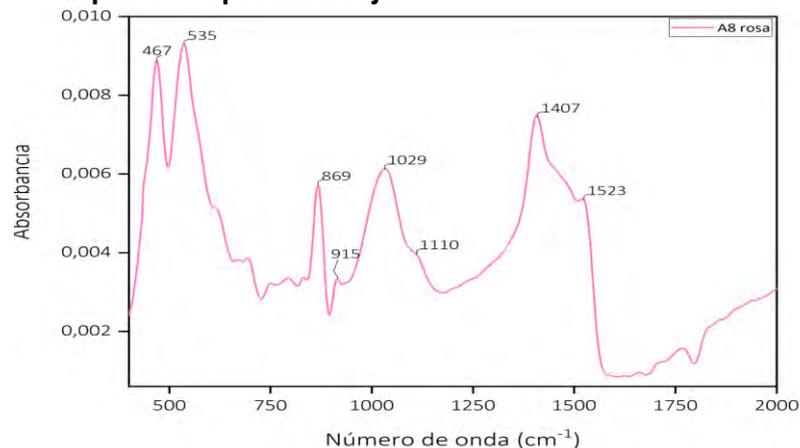
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; verde: Cu, As; Zn, rosa: Fe, Ca, Si, Al, K; gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja

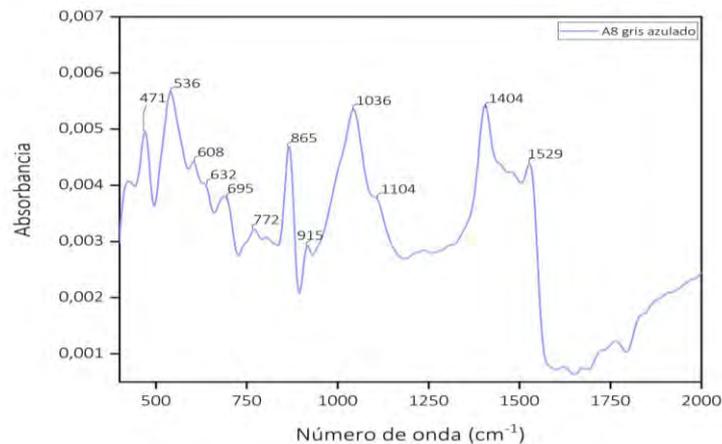


Óxidos de hierro: 467, 535; aluminosilicato: 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

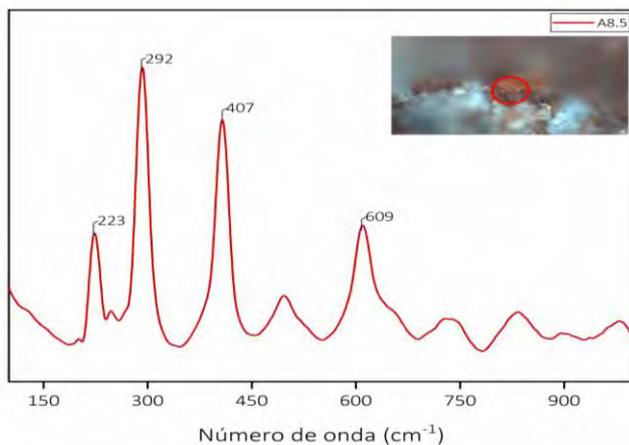


Óxidos de hierro: 467, 535; **calcita:** 869, 1407, 1523;
caolinita: 915 1029, 1110 cm⁻¹



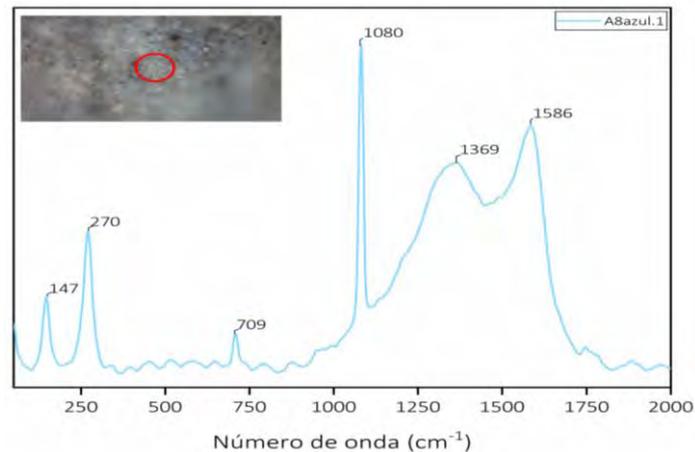
Óxidos de hierro: 466, 532; **calcita:** 867, 1409, 1551;
caolinita: 424, 913 1008, 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) (rojo)



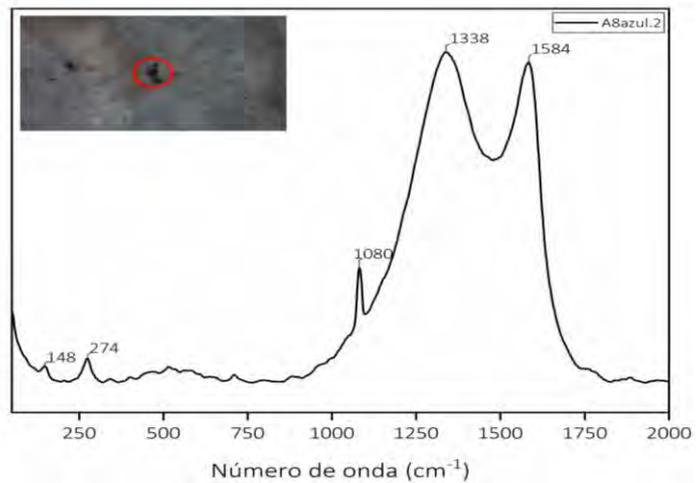
Hematita: 223, 292, 407, 609 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) (gris azulado)



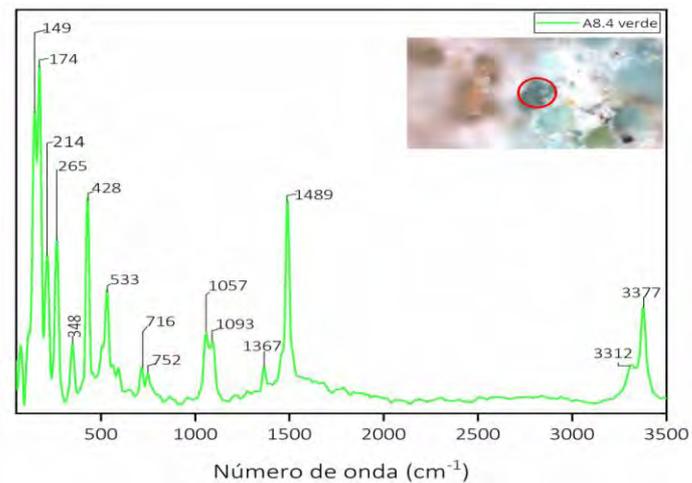
Calcita: 147, 270, 709, 1080; **carbón:** 1369, 1586 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula negra en gris azulado



Carbón: 1080, 1338, 1584 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) (verde)

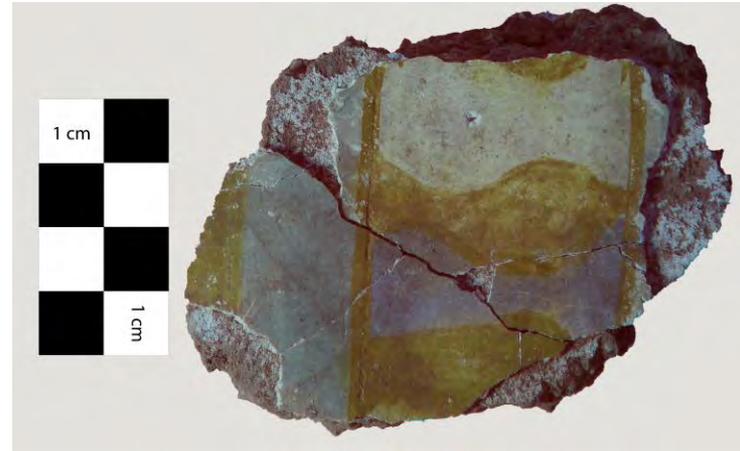


Malaquita: 146, 173, 213, 264, 345, 427, 531, 716, 1083, 1367, 1489, 3311, 3380 cm⁻¹

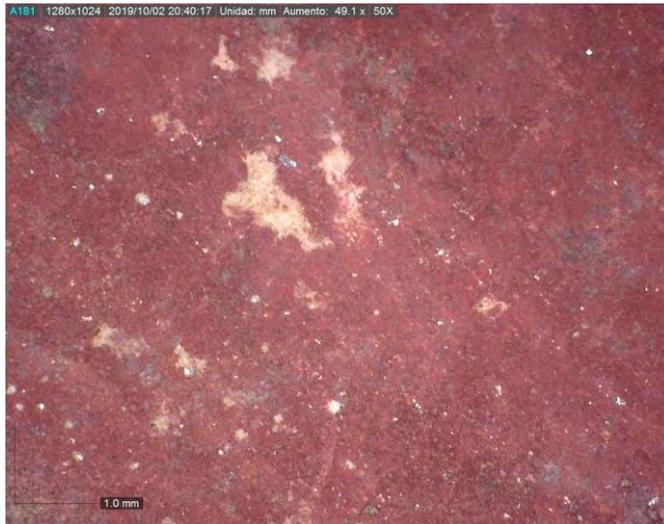
Muestra A12



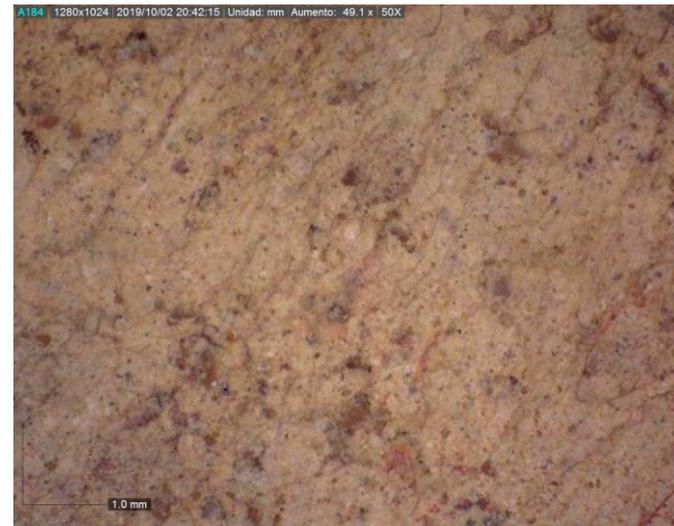
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



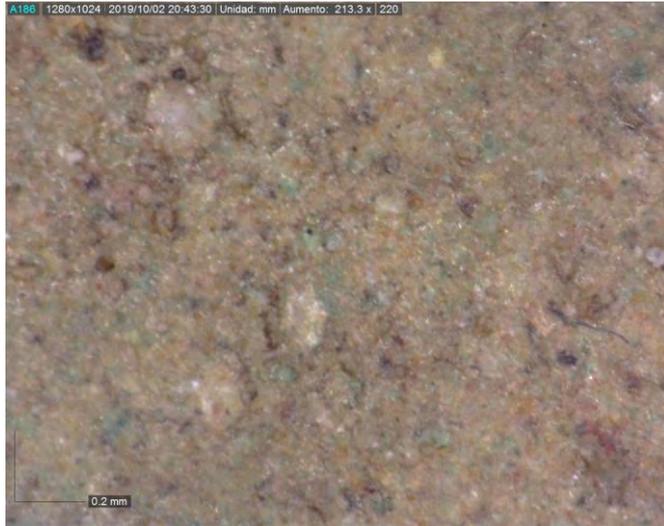
Microscopía óptica 50X



Microscopía óptica 50X



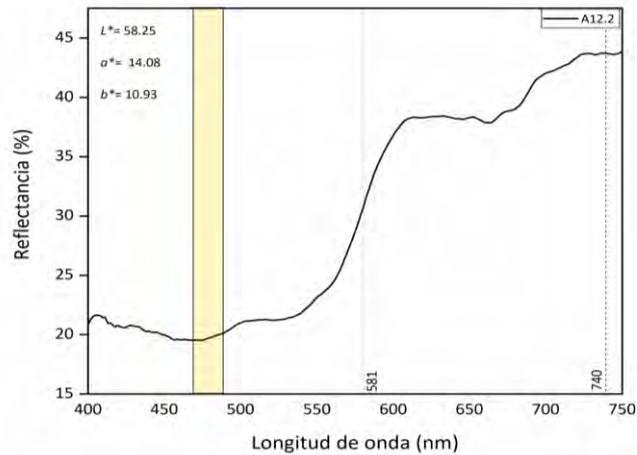
Microscopía óptica 50X



Microscopía óptica 50X

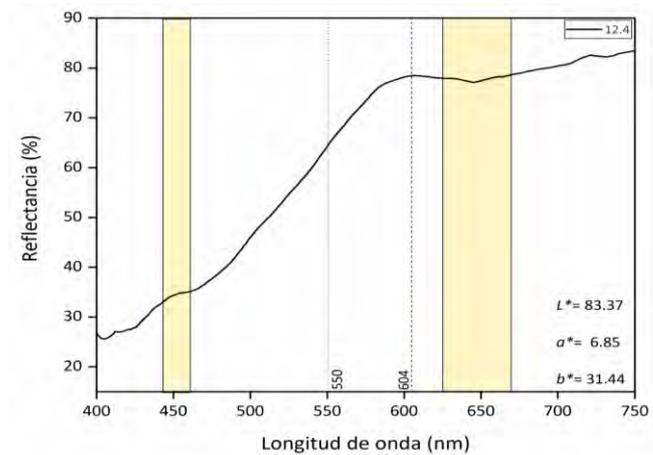


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



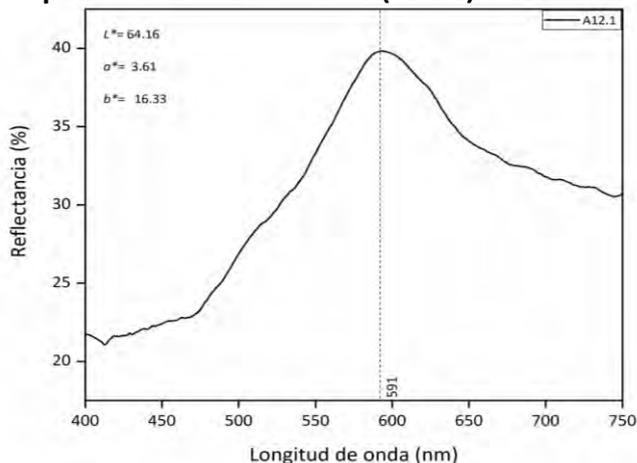
Pto. de inflexión: 581 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



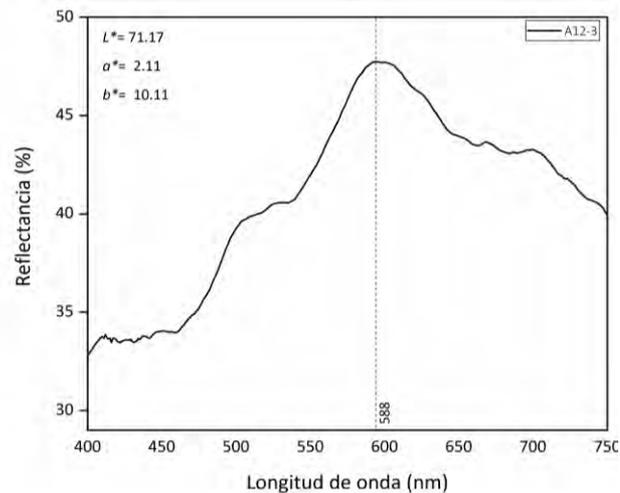
Pto. de inflexión: 550 nm; Máx. de reflectancia: 604 nm;
banda absorción: ± 650; Shoulder: 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



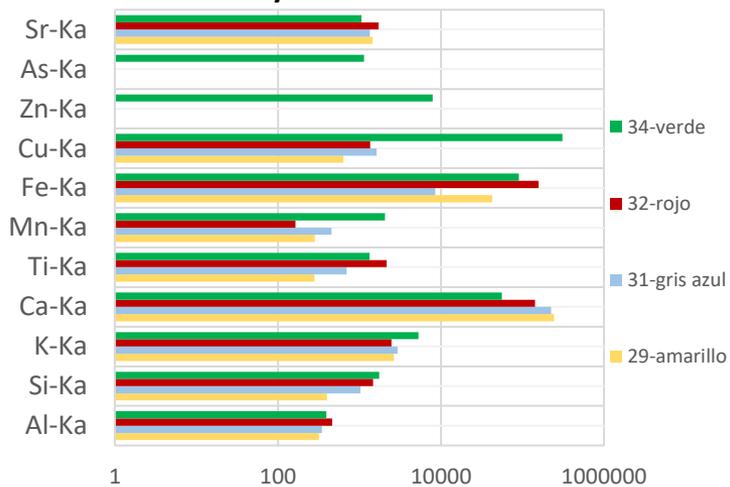
Máx. de reflectancia: 591 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



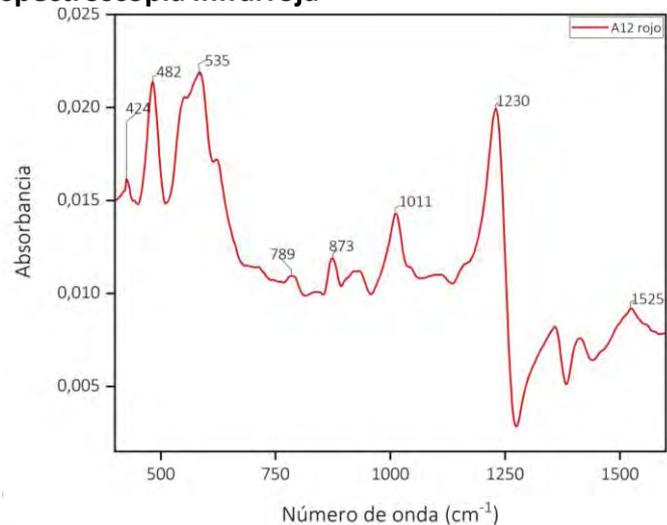
Máx. de reflectancia: 586 nm

Fluorescencia de Rayos X



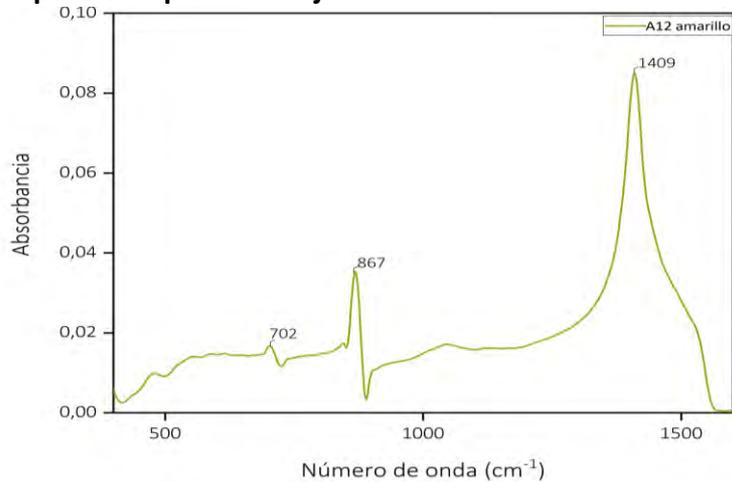
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; verde: Cu, As, Zn, amarillo: Fe, Si, Al, K; gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



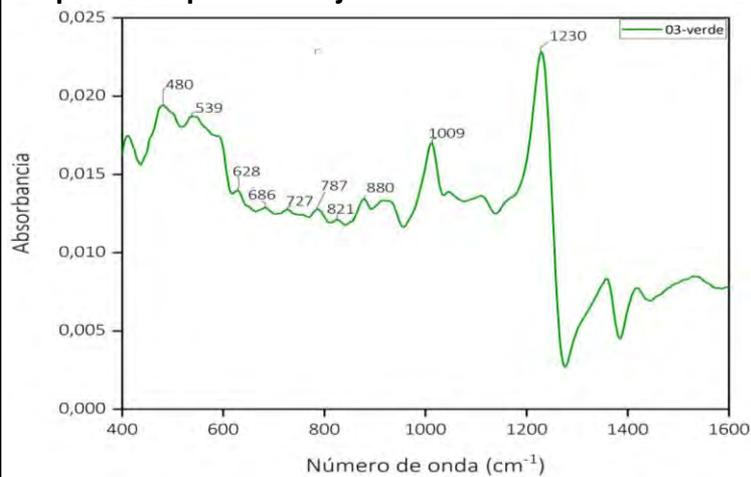
Óxidos de hierro: 467, 535; calcita: 873, 1525 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



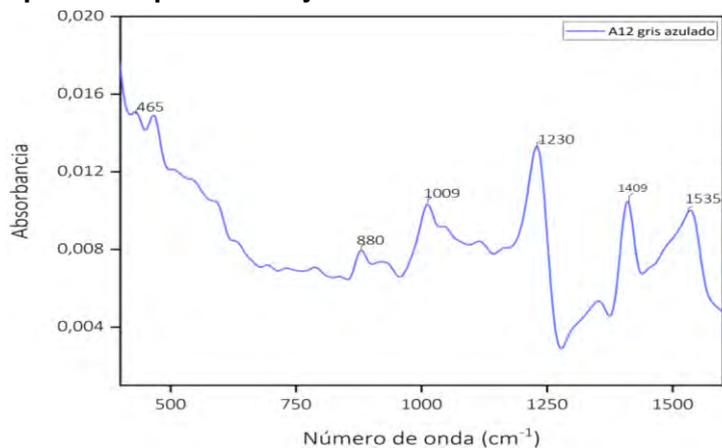
Calcita: 702, 867, 1409 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



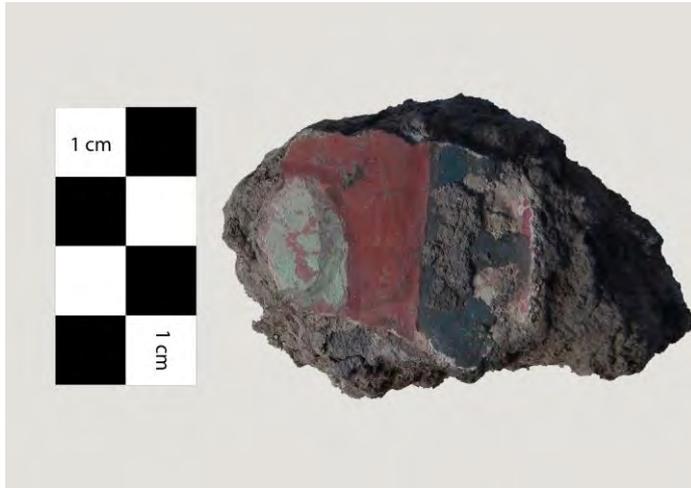
Óxidos de hierro: 480, 539; **malaquita:** 686, 727, 787, 821, 865 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

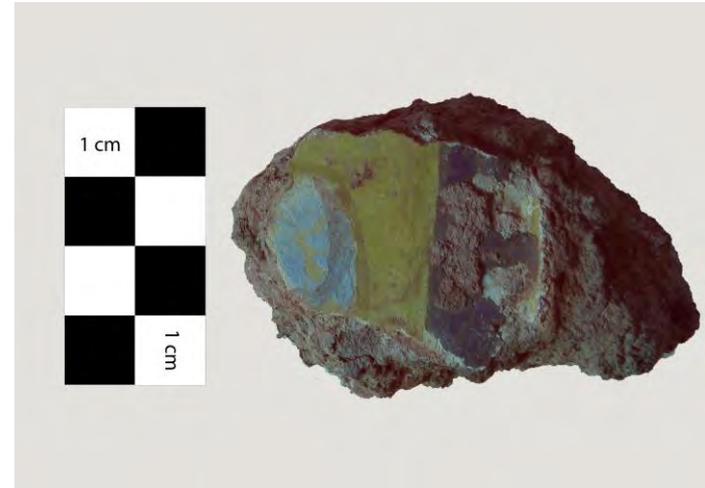


Óxidos de hierro: 465, 535; **calcita:** 880, 1409, 1535 cm⁻¹

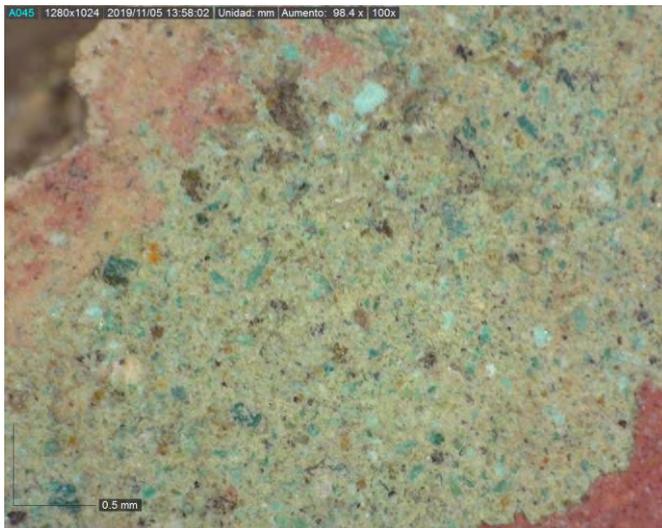
Muestra A13



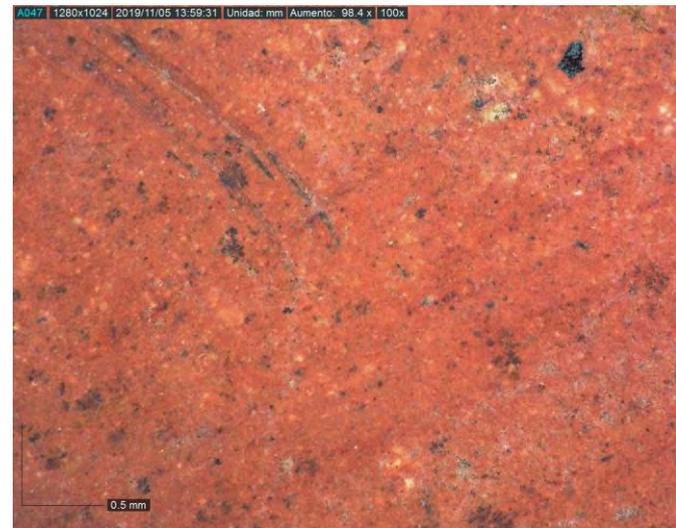
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



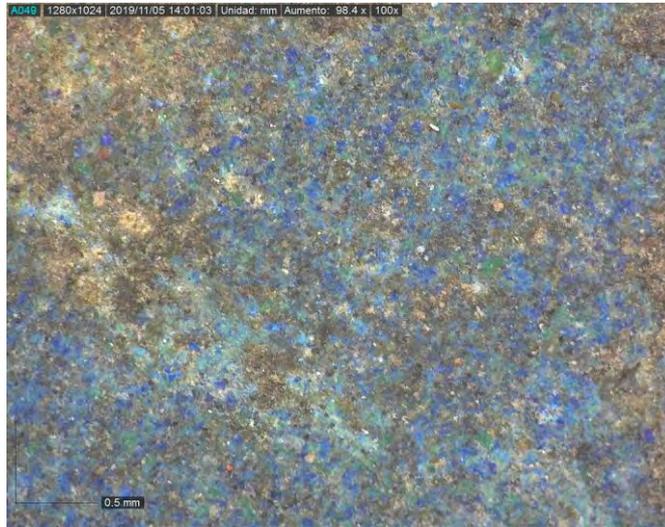
Microscopía óptica 100X



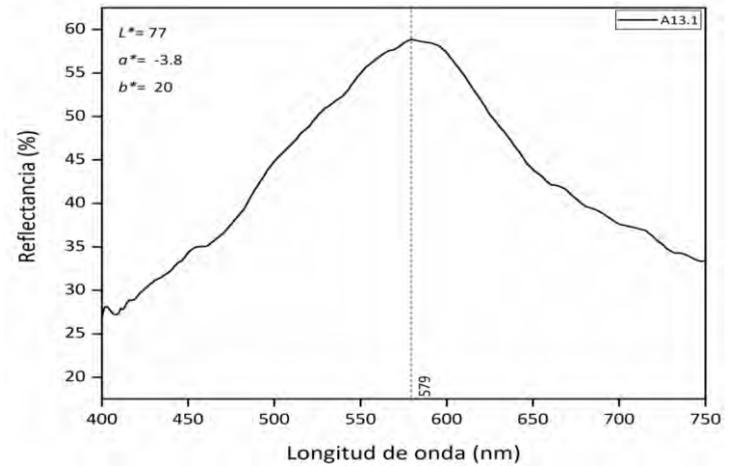
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

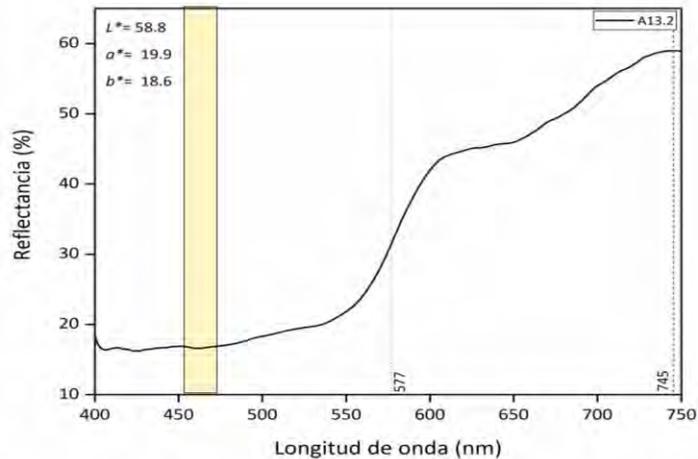


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



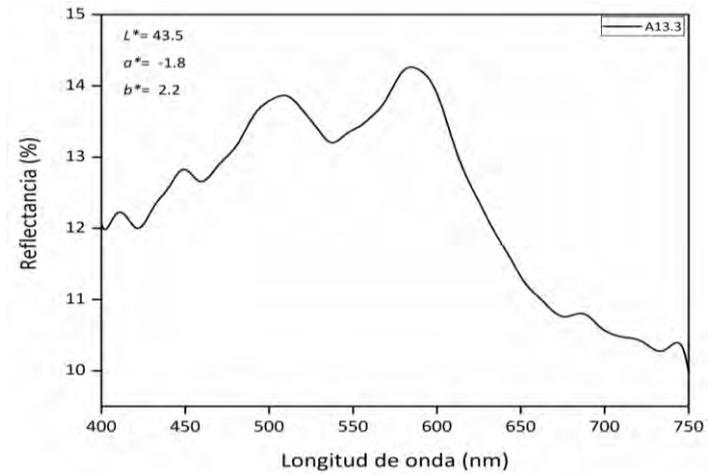
Máx. de reflectancia: 589 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



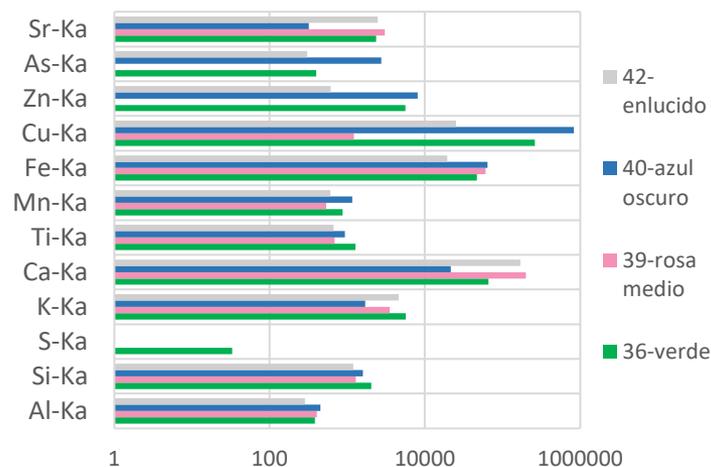
Pto. de inflexión: 577 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
banda absorción: \pm 490

Espectrocolorimetría RUBY (azul)



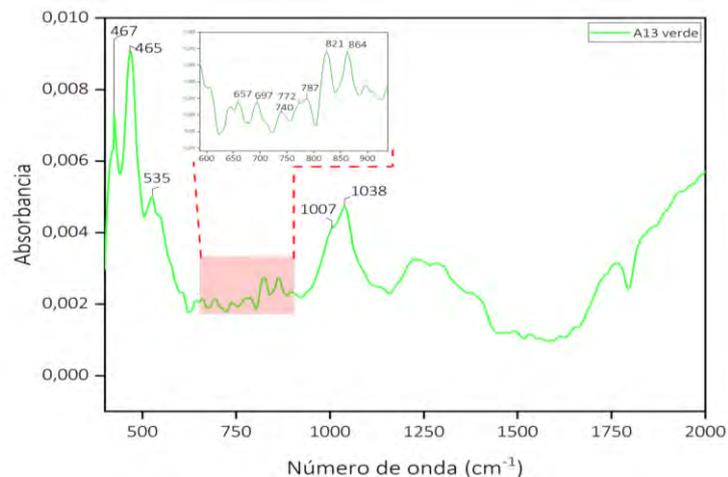
Máxs. de reflectancia: 450, 515, 588 nm;

Fluorescencia de Rayos X



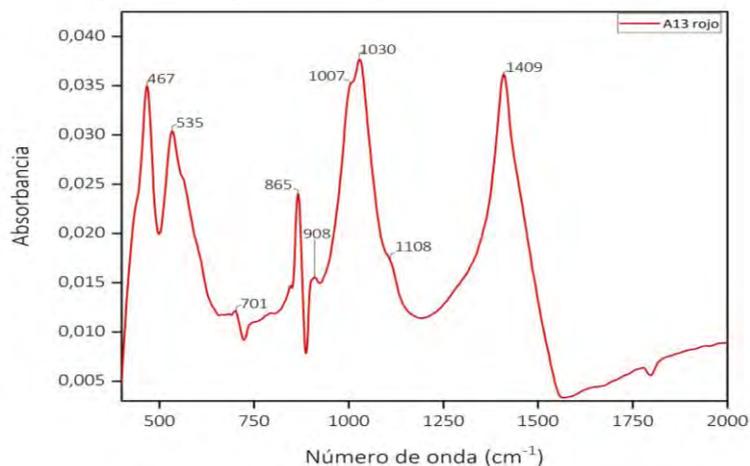
Els. químicos relevantes rosa: Ca, Fe, Si, Al, K; **azul:** Cu, Zn, As; **verde:** Cu, Zn, As

Espectroscopía Infrarroja



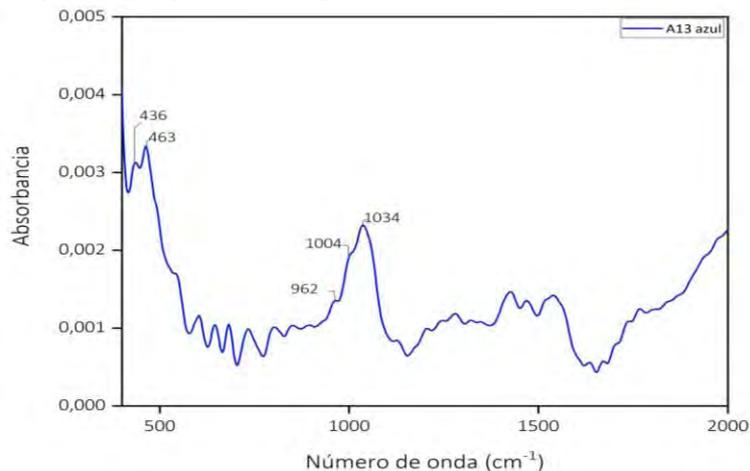
Óxidos de hierro: 465, 539; **malaquita:** 657, 697, 740, 772, 787, 821, 864; **caolinita:** 427, 1007, 1038 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



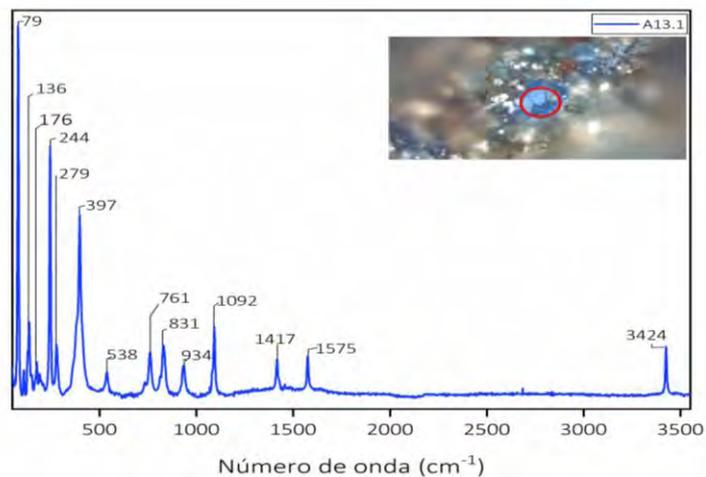
Óxidos de hierro: 467, 535; **calcita:** 701, 865, 1409; **caolinita:** 908, 1007, 1030, 1108 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



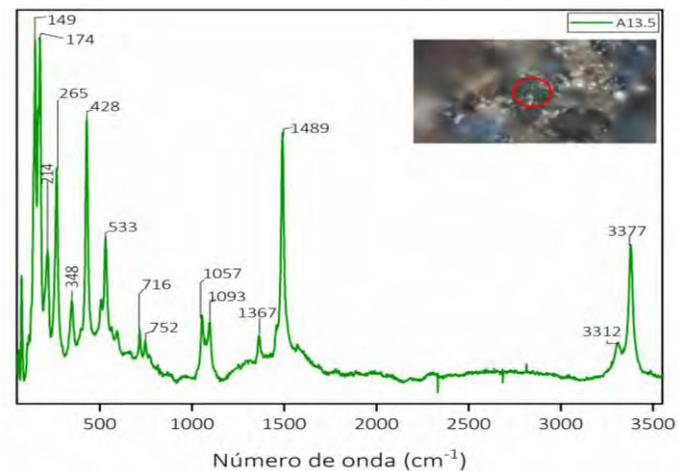
Óxidos de hierro: 463; **caolinita:** 436, 962, 1004, 1034 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) partícula azul



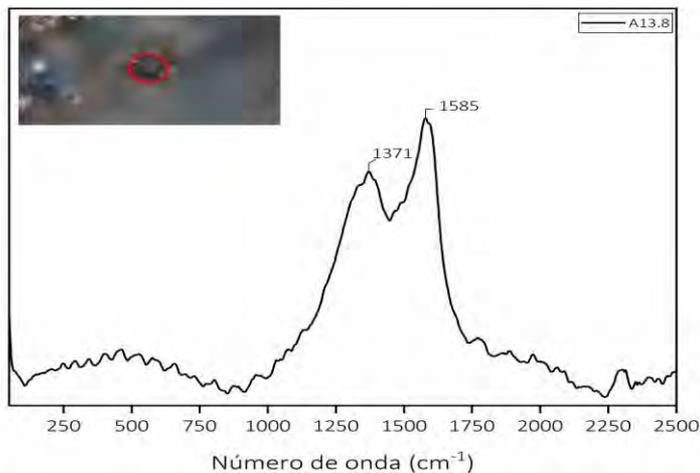
Azurita: 79, 163, 176, 244, 279, 397, 538, 761, 831, 934, 1092, 1417, 1575, 3424 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) (part. verde en azul)



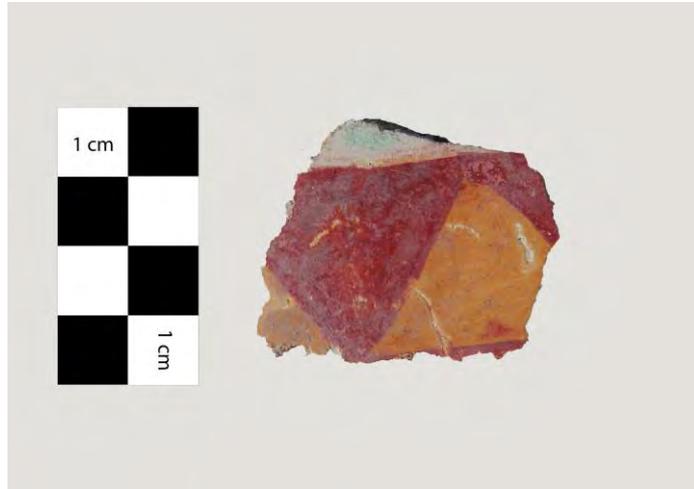
Malaquita: 149, 174, 214, 265, 348, 428, 533, 716, 752, 1057, 1093, 1367, 1489, 3312, 3377 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), partícula negra en azul

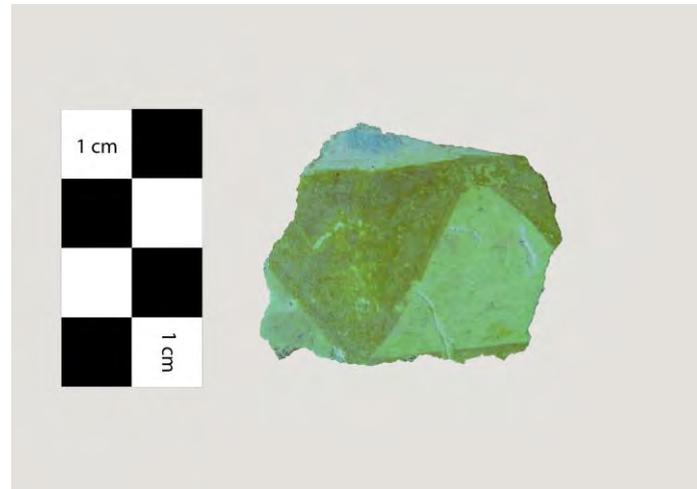


Carbón: 1371, 1585 cm⁻¹

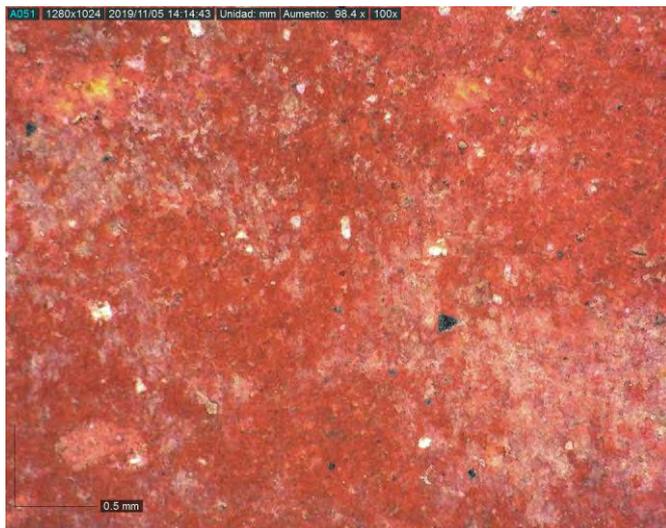
Muestra A15



Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



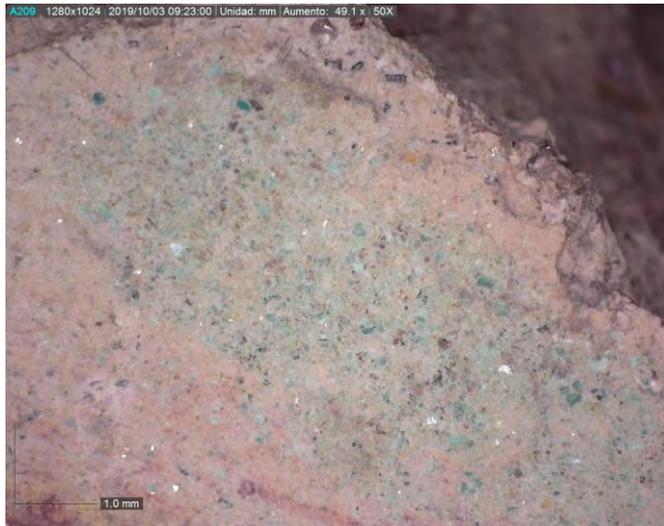
Microscopía óptica 100X



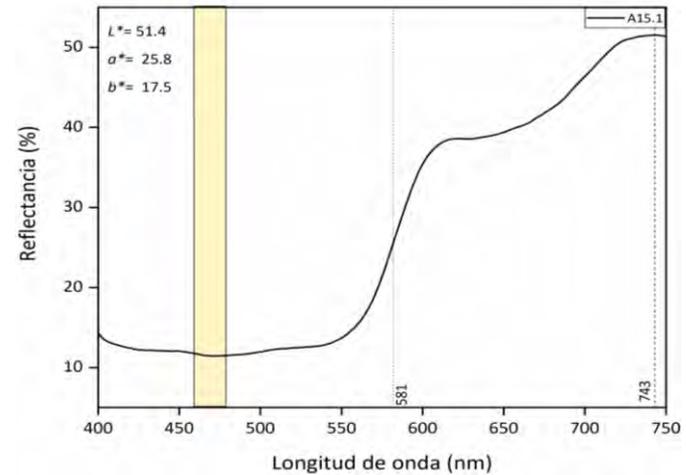
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 50X

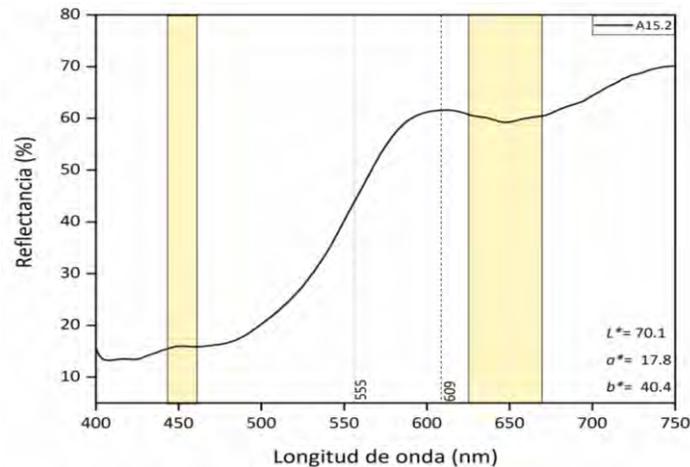


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



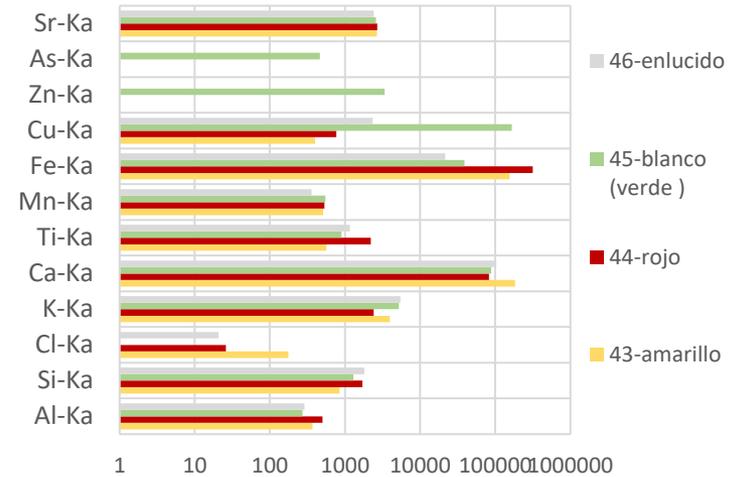
Pto. de inflexión: 581 nm; **Máx. de reflectancia:** 743 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



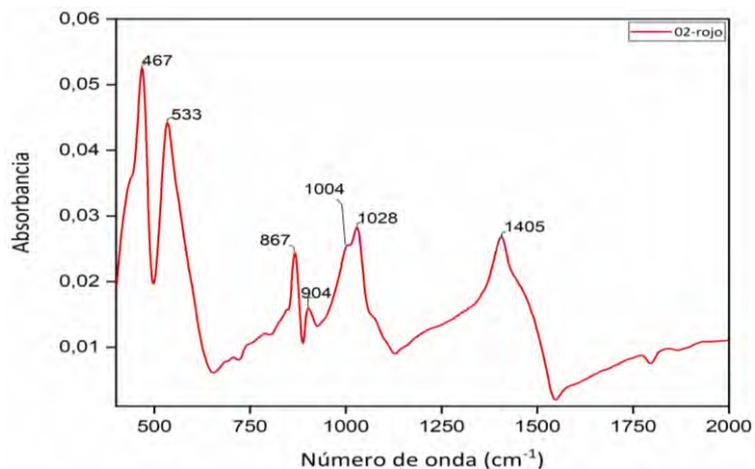
Pto. de inflexión: 555 nm; **Máx. de reflectancia:** 609 nm;
banda absorción: ± 650 ; **Shoulder:** 450-480 nm

Fluorescencia de Rayos X



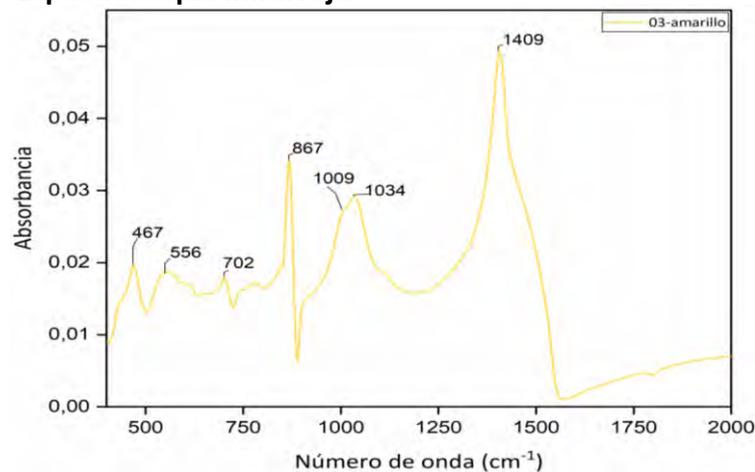
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; **amarillo:** Fe, Si, Al, K; **verde:** Cu, Zn, As

Espectroscopía Infrarroja



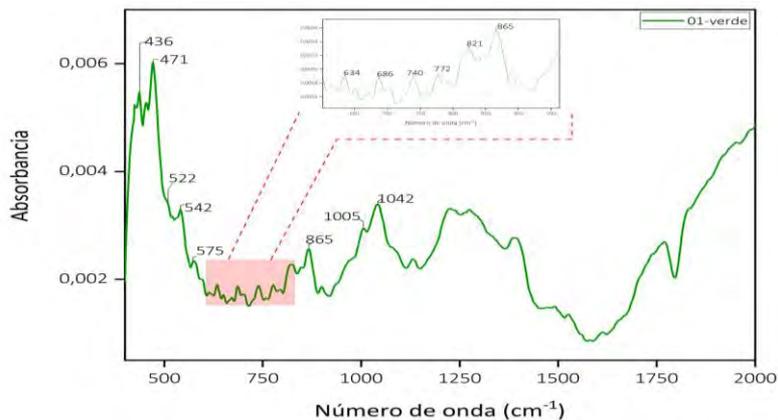
Óxidos de hierro: 465, 539; caolinita: 427, 1007, 1038 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



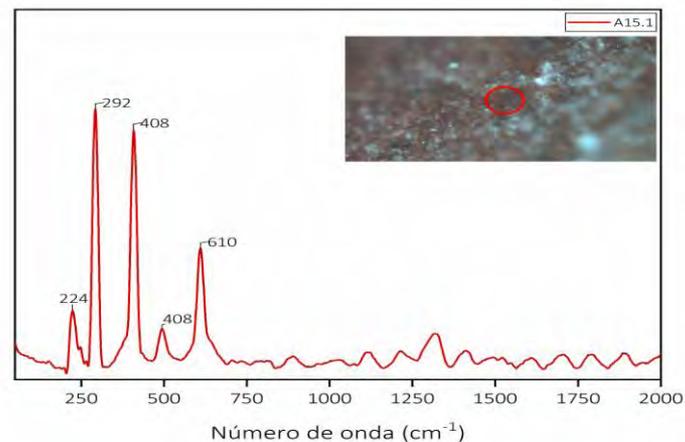
Óxidos de hierro: 465, 539; calcita: 867, 1409 caolinita: 427, 1007, 1038 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



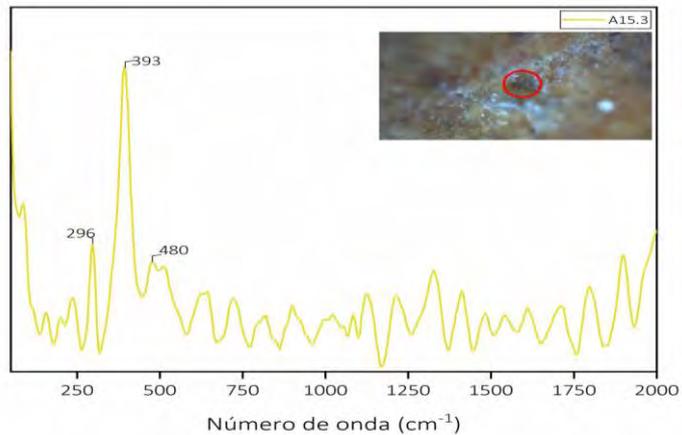
Malaquita: 522, 634, 686, 740, 772, 787, 821, 865 Óxidos de hierro: 467, 535; calcita: 701, 865, 1409; aluminosilicato: 436, 1005, 1030 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), pigmento rojo



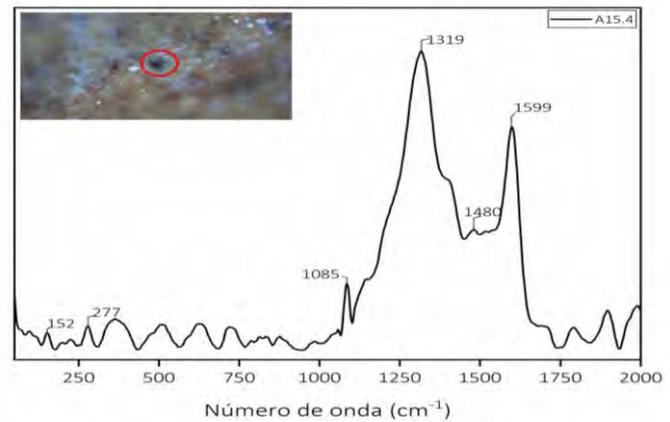
Hematita: 224, 292, 408, 610 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), pigmento amarillo



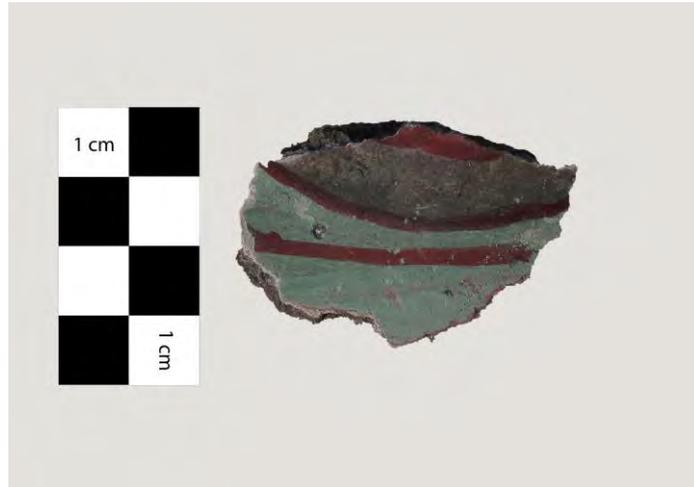
goethita: 296, 391, 480 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), partícula negra en amarillo

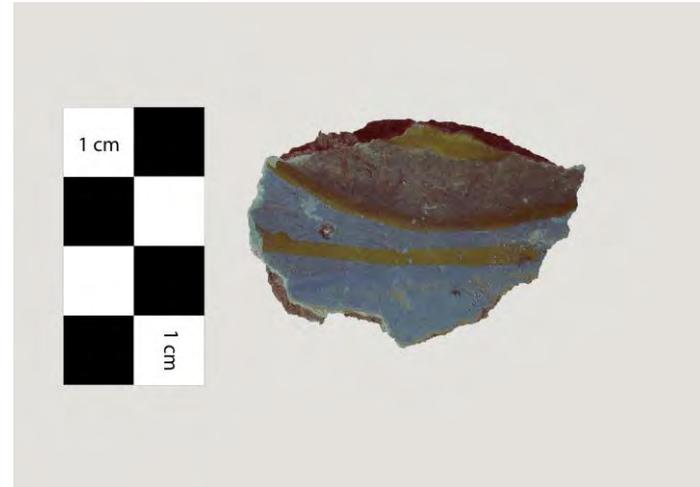


Carbón: 1371, 1585 cm⁻¹

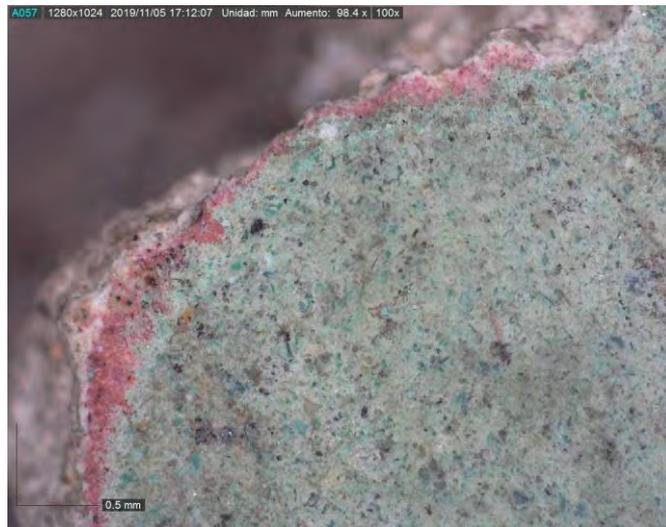
Muestra A17



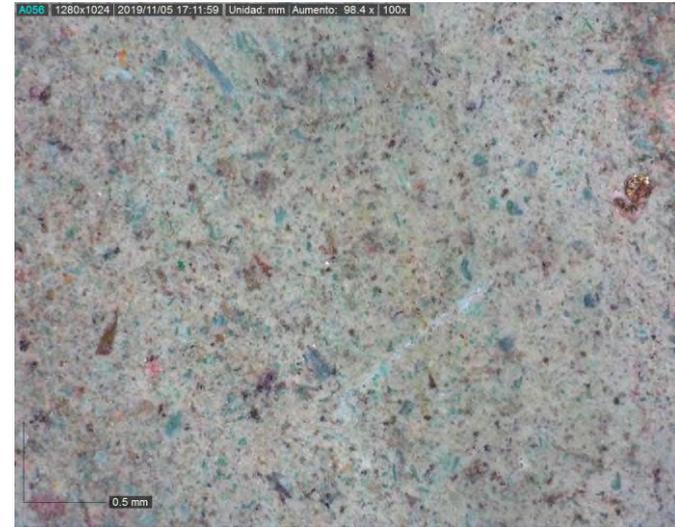
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



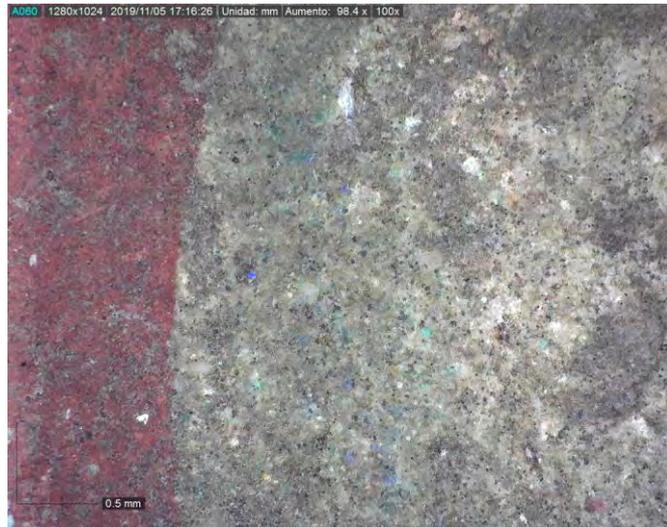
Microscopía óptica 100X



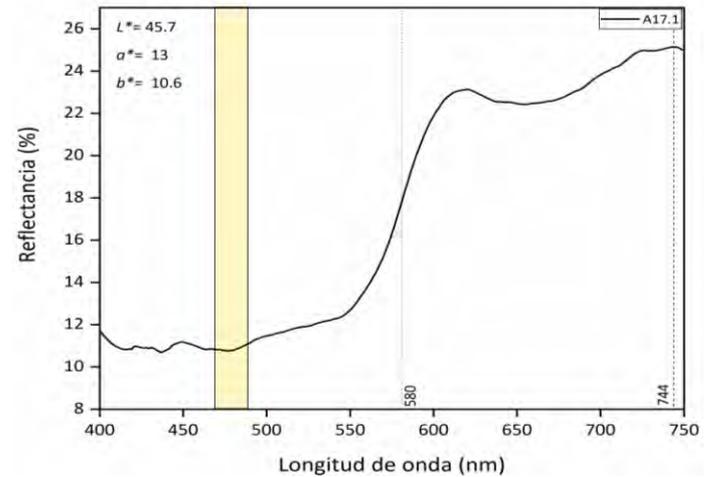
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

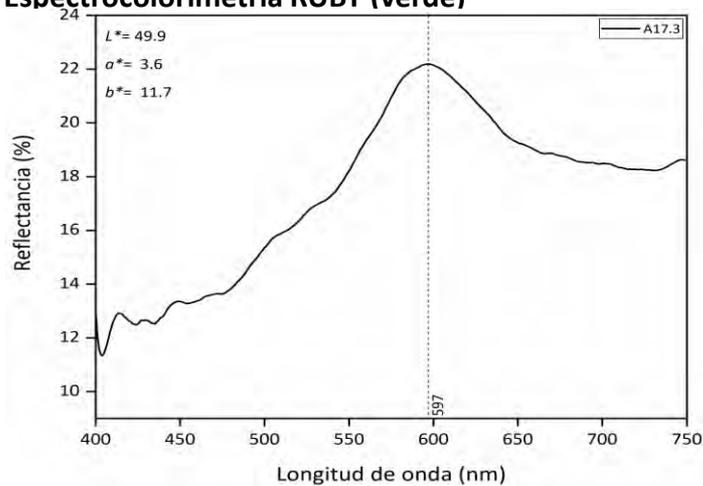


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



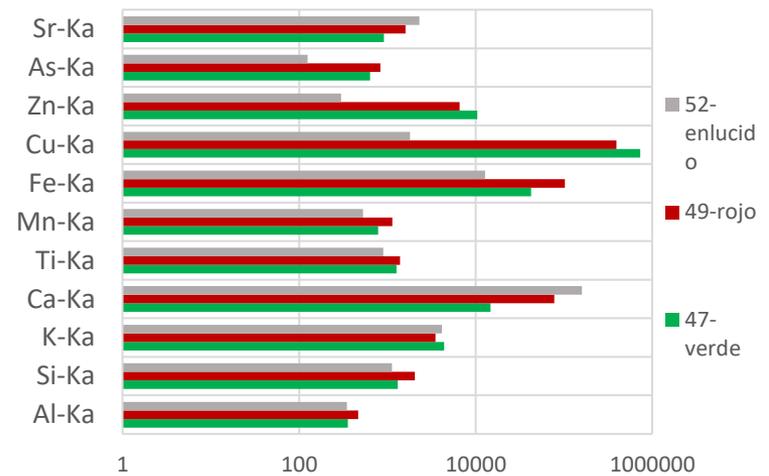
Pto. de inflexión: 581 nm; Máx. de reflectancia: 743 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



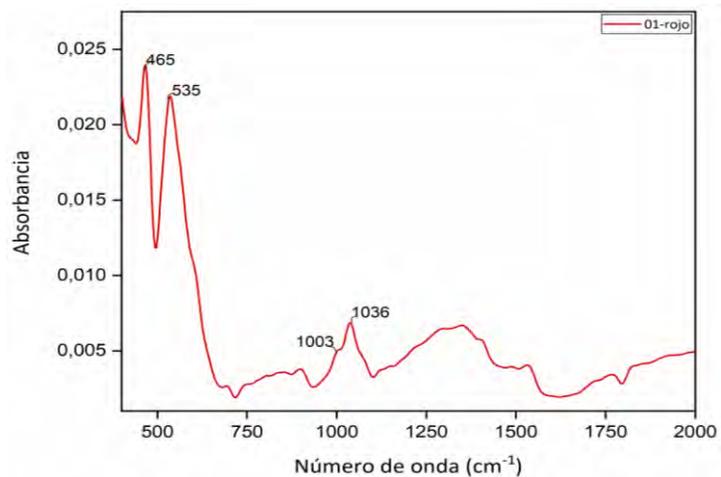
Máx. de reflectancia: 597 nm

Fluorescencia de Rayos X



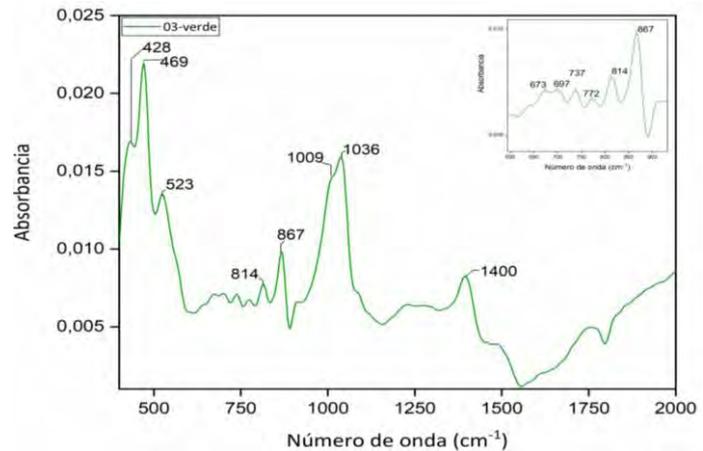
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al, K; verde: Cu, Zn, As

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 465, 535; **caolinita:** 427, 1007, 1038 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 465, 539; **malaquita:** 673, 697, 737, 772, 814, 867; **caolinita:** 428, 1009, 1036; **carbonato:** 1400 cm⁻¹

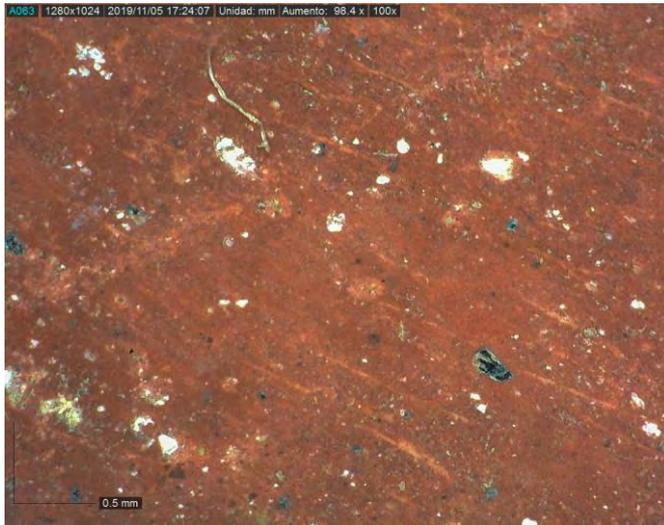
Muestra A22



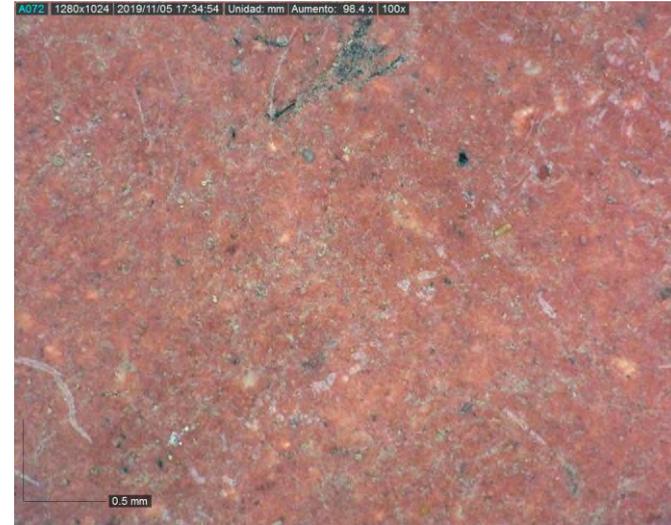
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



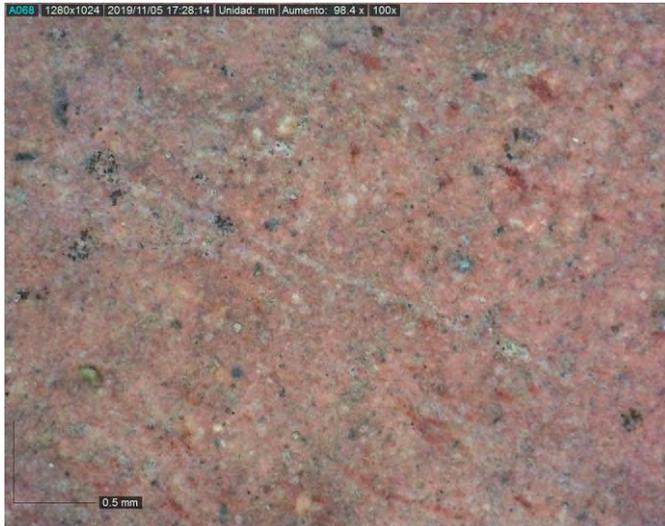
Microscopía óptica 100X



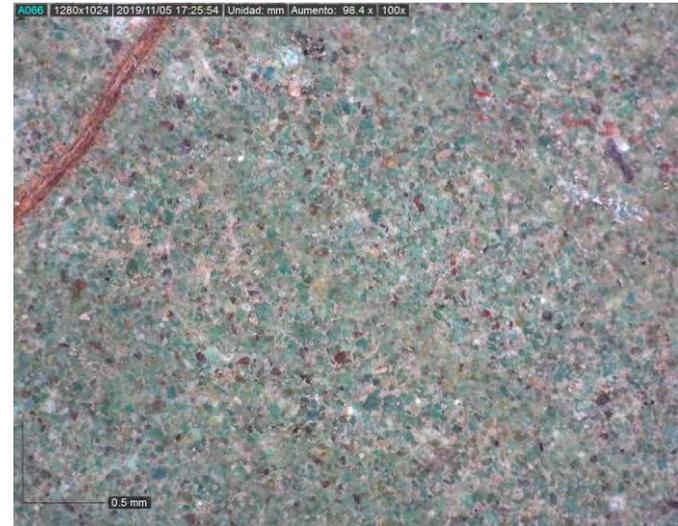
Microscopía óptica 100X (rosa medio)



Microscopía óptica 100X (rosa claro)



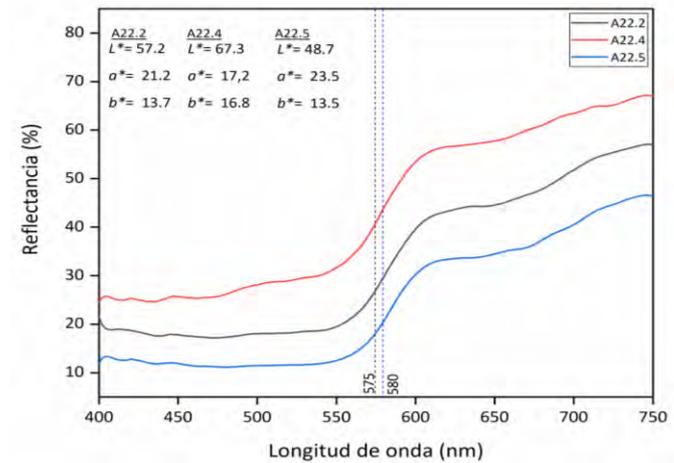
Microscopía óptica 100X (verde)



Microscopía óptica 100X (gris azulado)

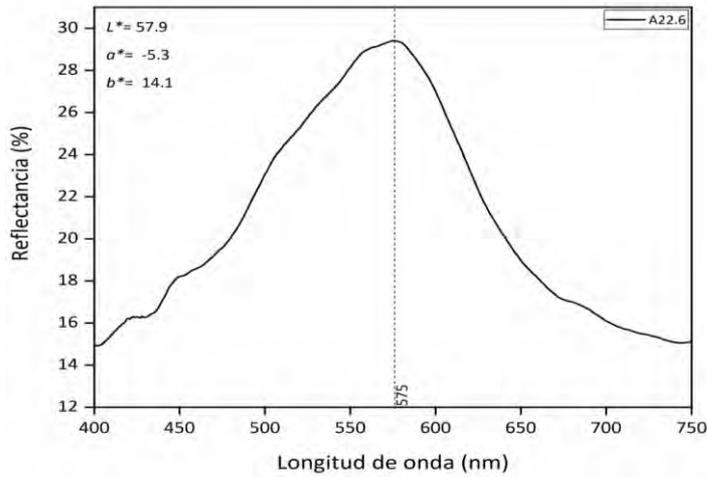


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa claro/rosa medio)



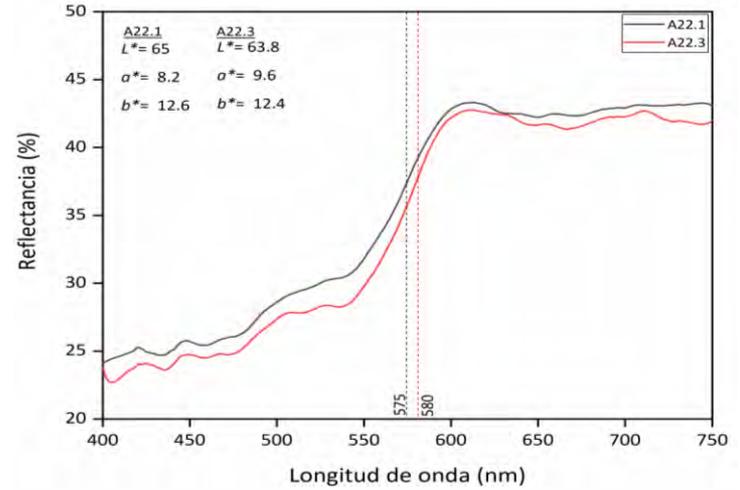
Pto. de inflexión: 575-580 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: \pm 490 nm

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



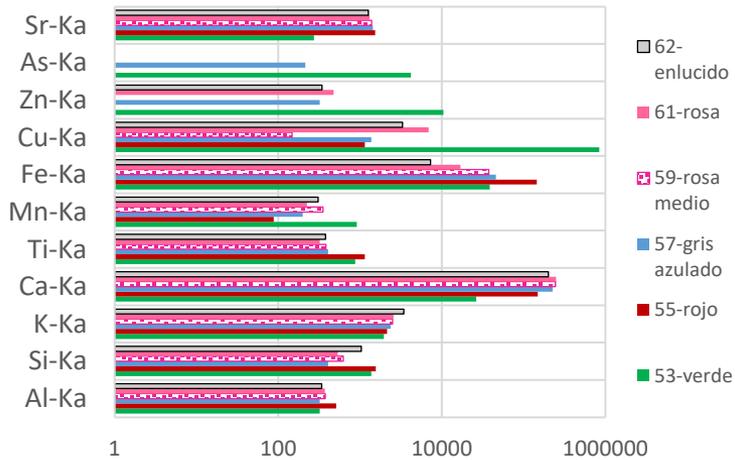
Máx. de reflectancia: 575nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



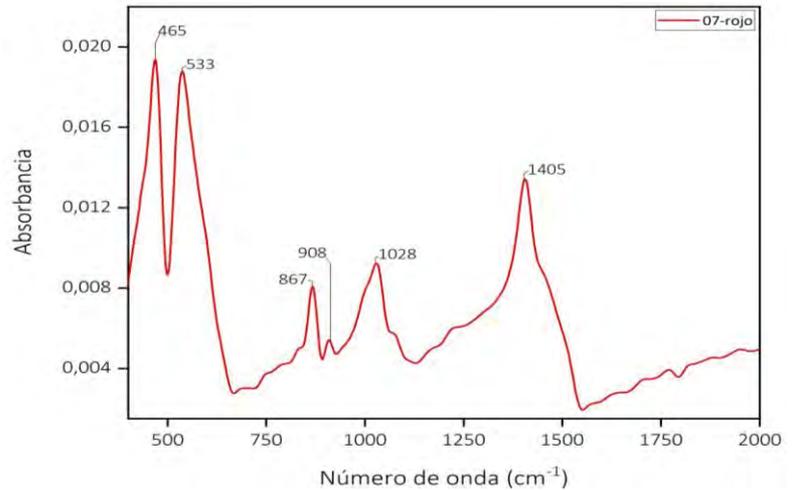
Punto de inflexión: 575-580; Máx. de reflectancia: 615 nm

Fluorescencia de Rayos X



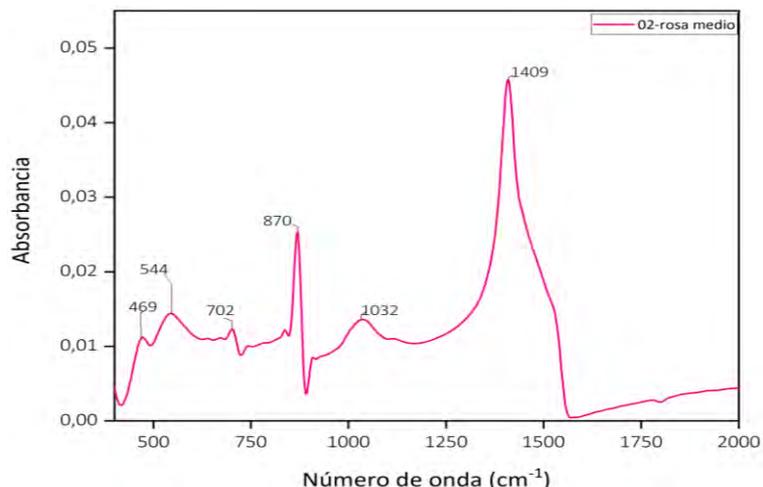
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca, Si, Al, K; verde: Cu, As, Zn,; gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



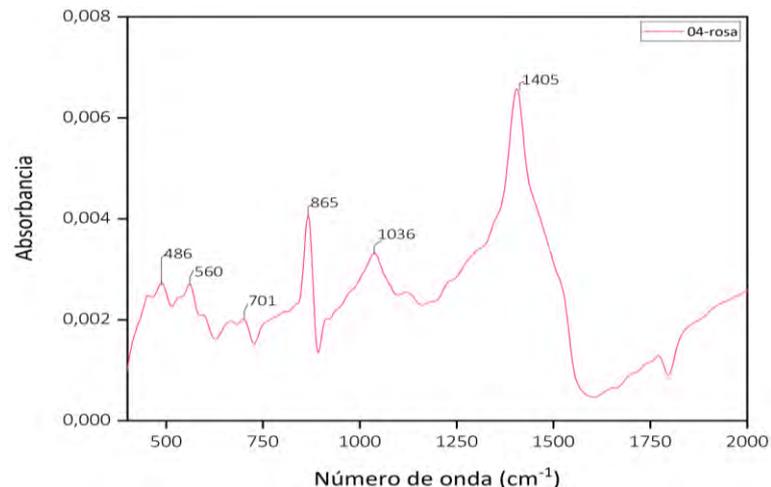
Óxidos de hierro: 465, 533; calcita: 867, 1405; aluminosilicato: 908, 1028cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



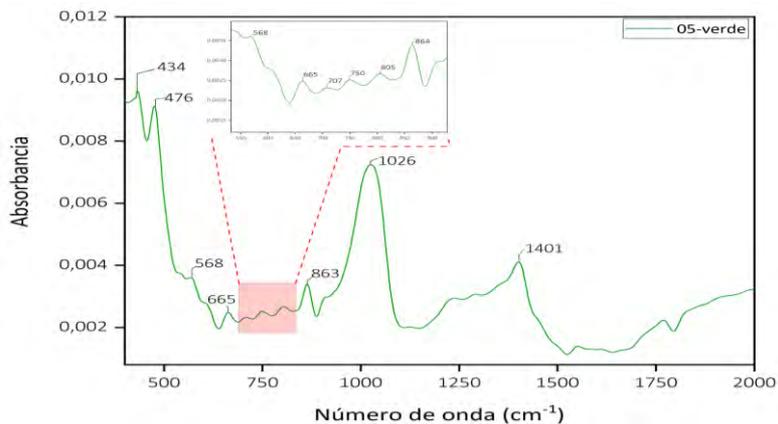
Oxidos de hierro: 469, 544; **calcita:** 702, 870, 1409;
aluminosilicato: , 1032 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

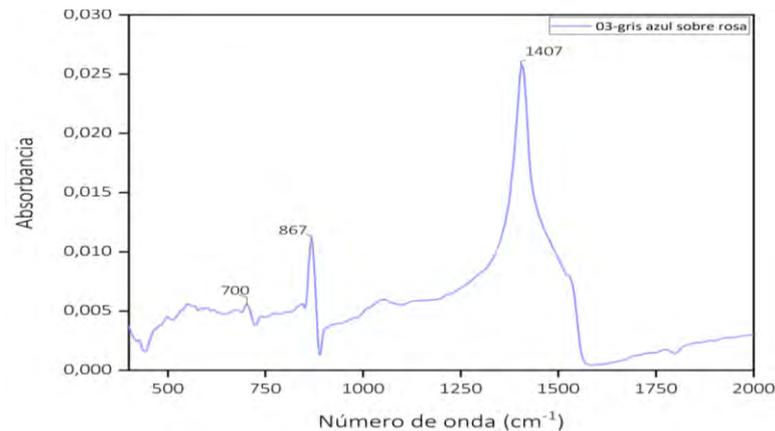


Oxidos de hierro: 469, 544; **calcita:** 702, 870, 1409;
aluminosilicato: , 1032 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

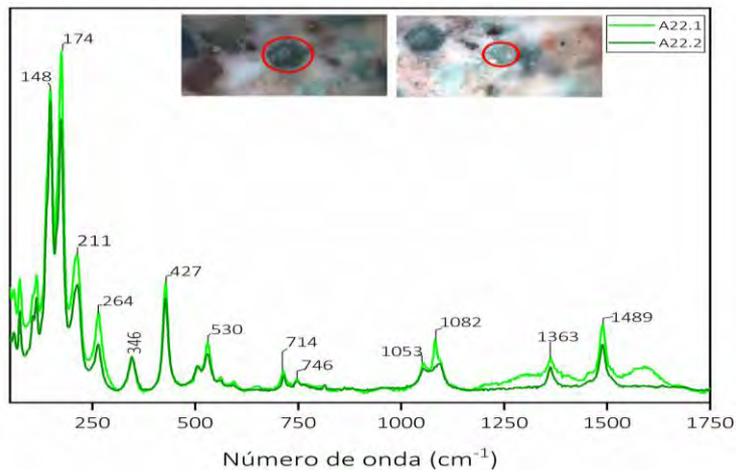


Óxidos de hierro: 465, 535; **malaquita:** 665, 707, 750, 805,
calcita: 880, 1409, 1535 cm⁻¹



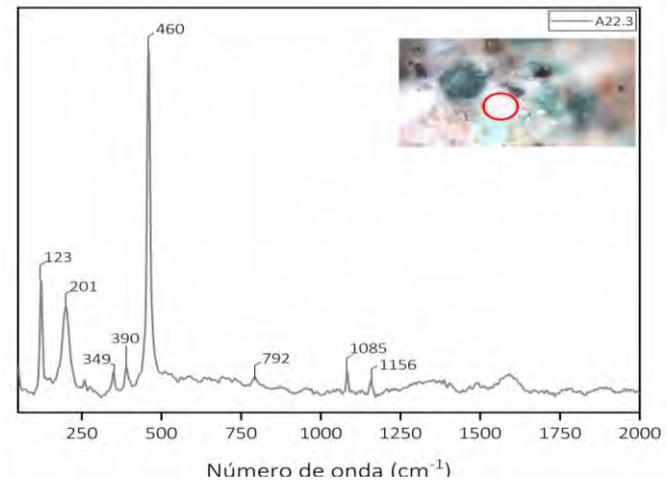
Óxidos de hierro: 465, 535; **calcita:** 880, 1409, 1535 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) verde



Malaquita: 149, 174, 214, 265, 348, 428, 533, 716, 752, 1057, 1093, 1367, 1489, 3312, 3377 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz pigmento verde

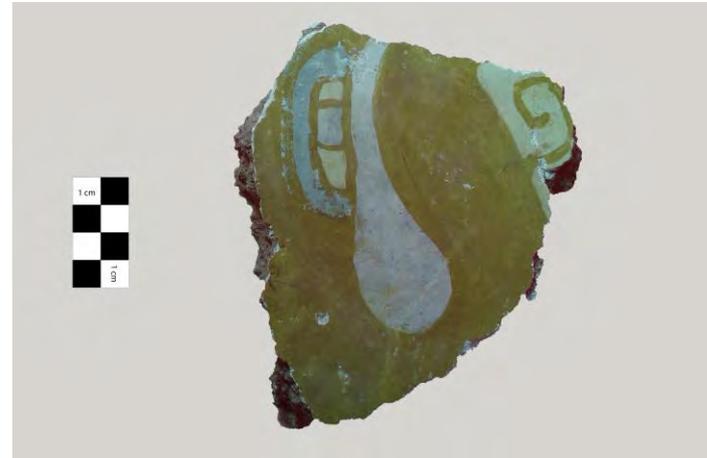


Cuarzo: 123, 201, 460; **calcita:** 1085; **goethita:** 390 cm⁻¹

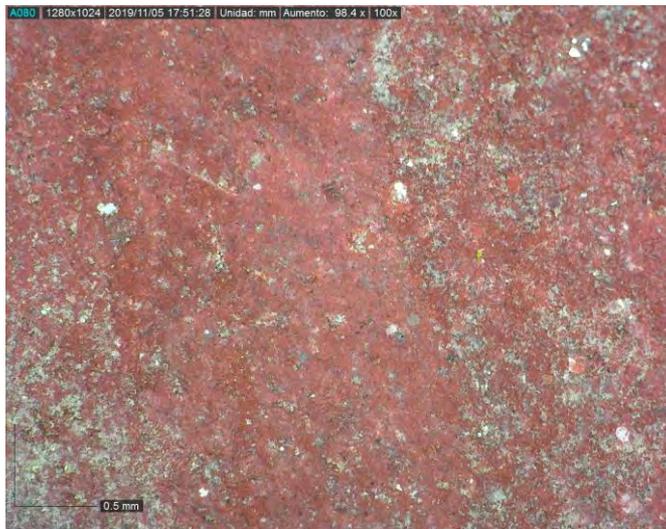
Muestra A25



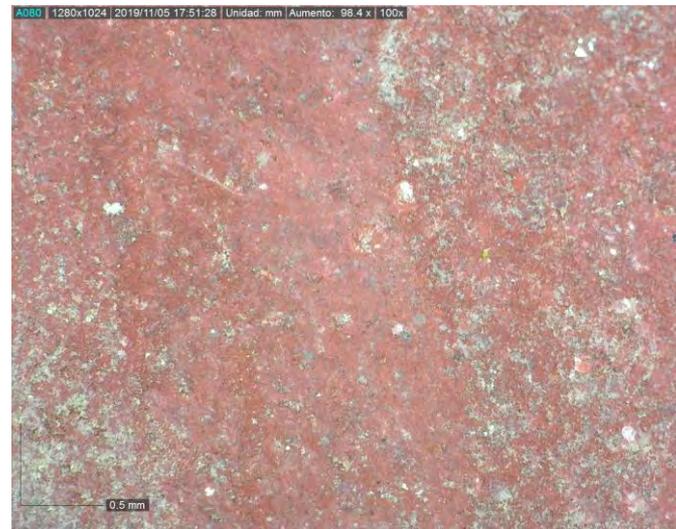
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



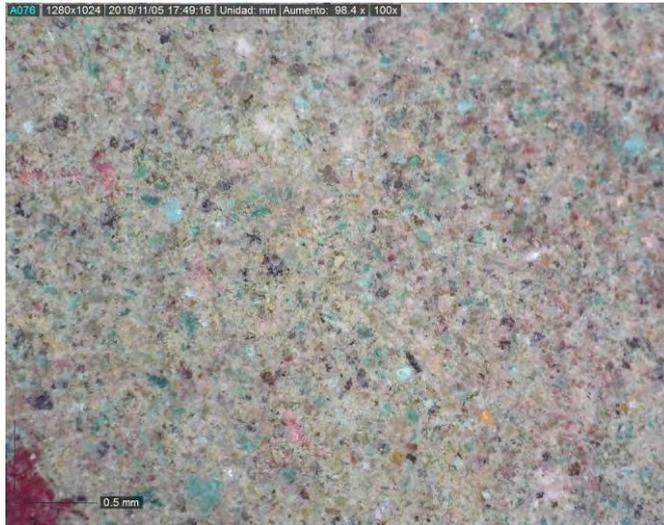
Microscopía óptica 100X



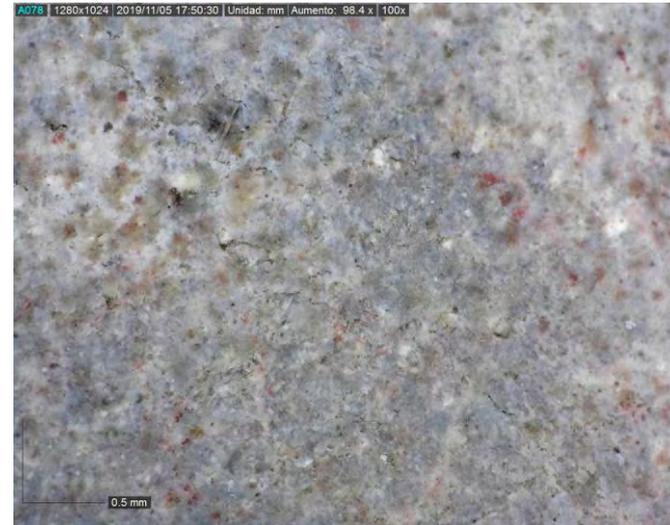
Microscopía óptica 100X



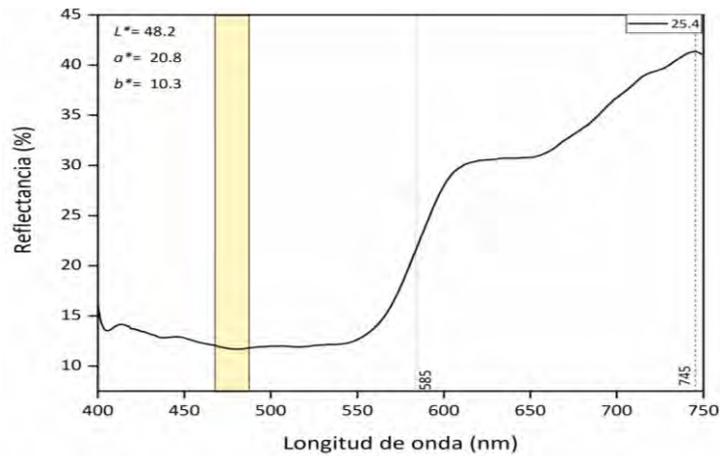
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

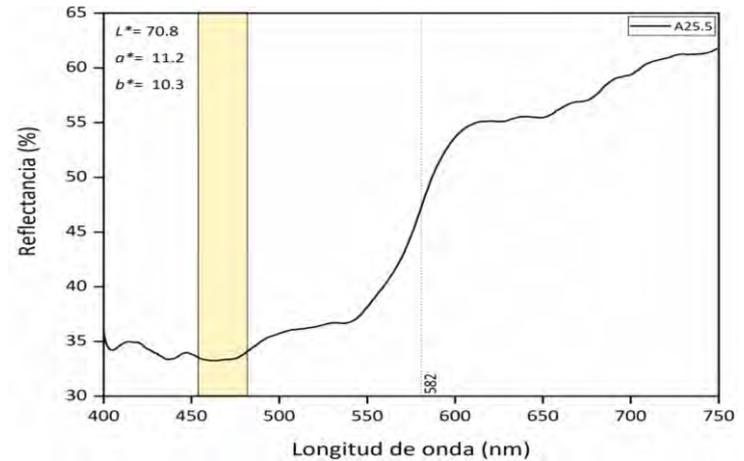


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



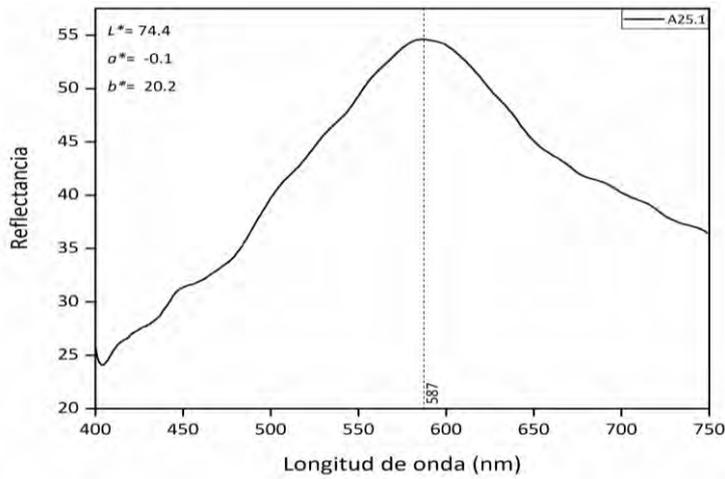
Pto. de inflexión: 585 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (rosa)



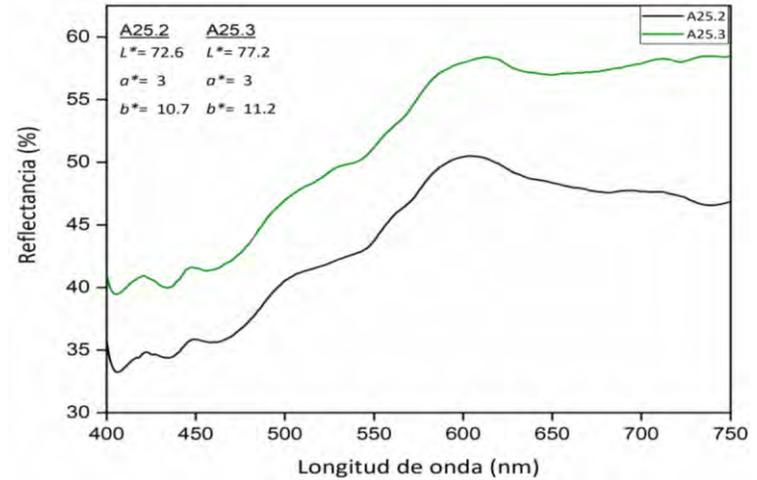
Pto. de inflexión: 582 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
banda absorción: ± 490;

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



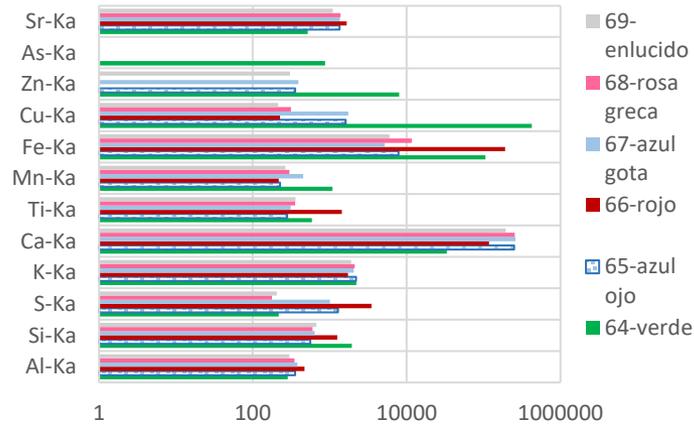
Máx. de reflectancia: 587 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



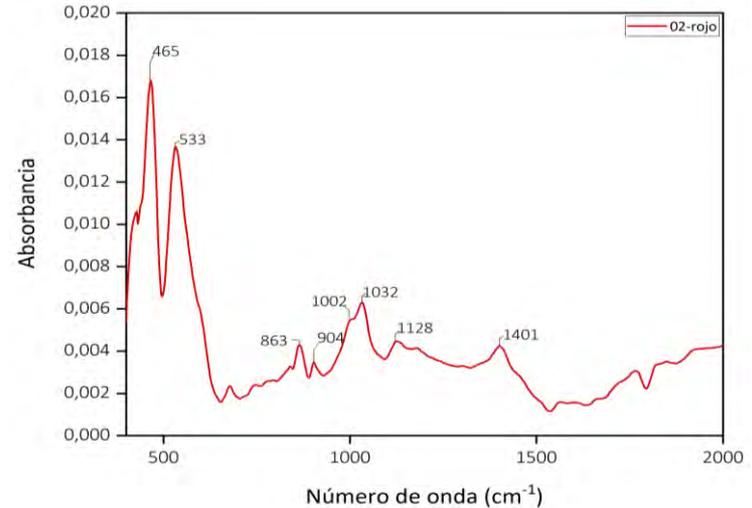
Máx. de reflectancia: 634 nm

Fluorescencia de Rayos X



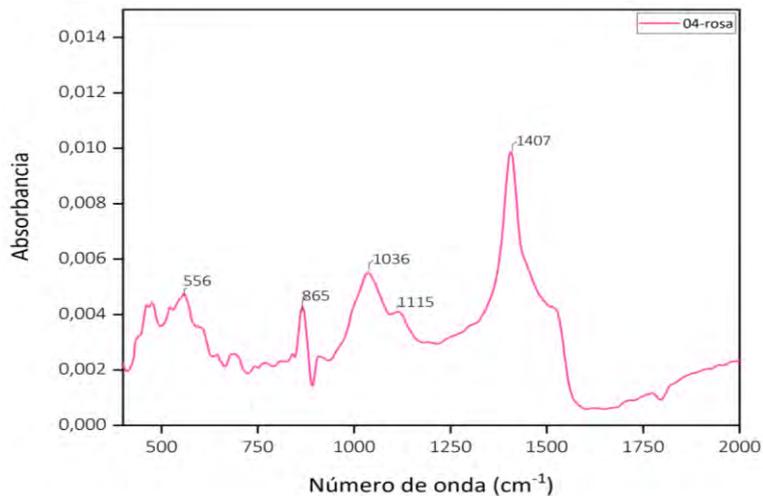
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca Si, Al, K; verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



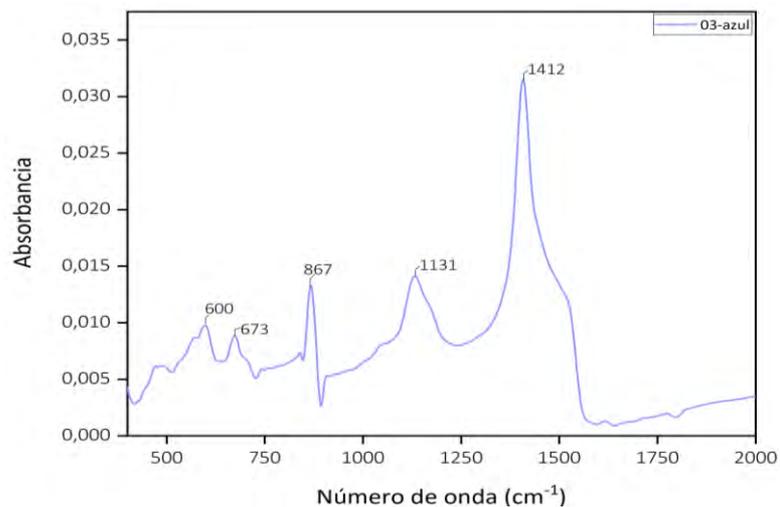
Óxidos de hierro: 465, 533; calcita: 863, 1401; aluminosilicato: 904, 1002, 1002, 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



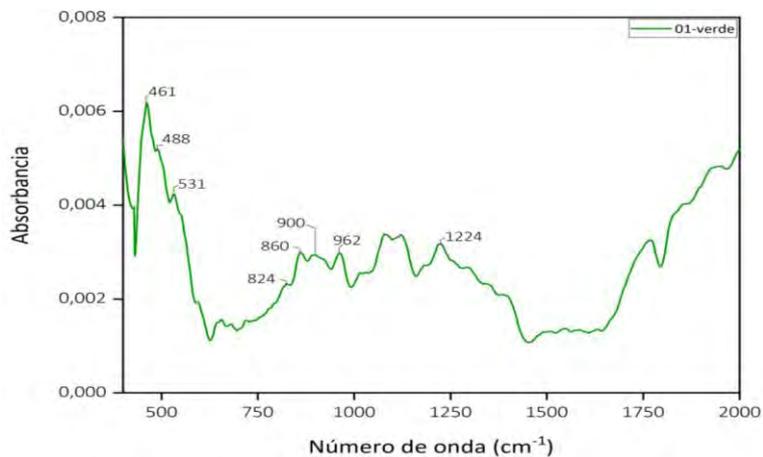
Calcita: 702, 865, 1407, **aluminosilicato:** 1036, 1115 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



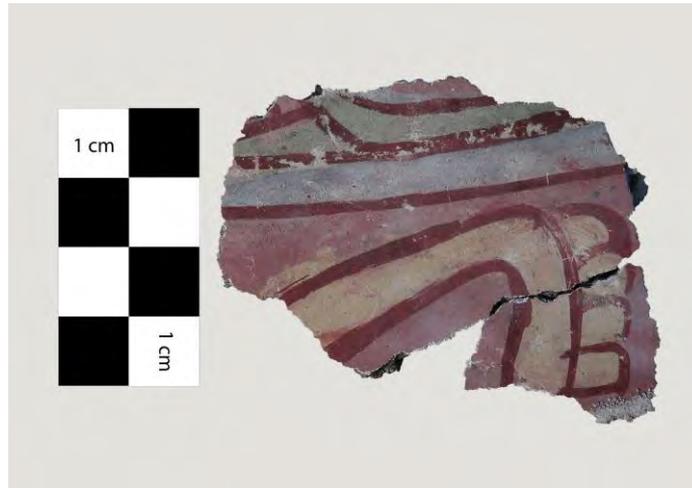
Calcita: 867, 1412 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

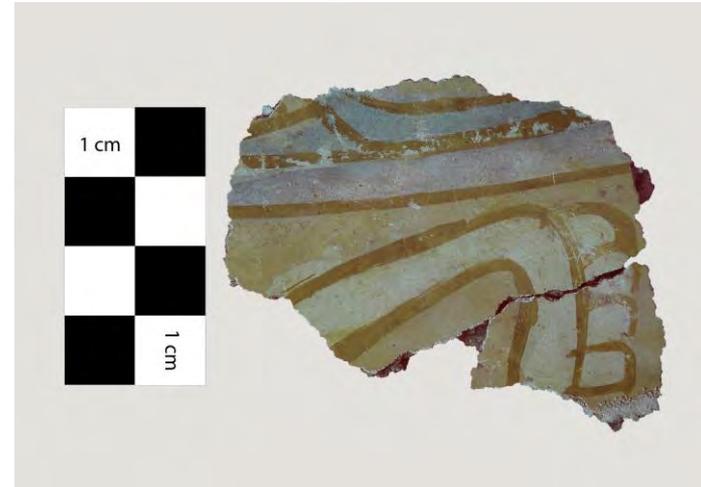


Óxidos de hierro: 461, 531; **malaquita:** 824, 860, 1224
calcita: 880, 1409, 1535 cm⁻¹

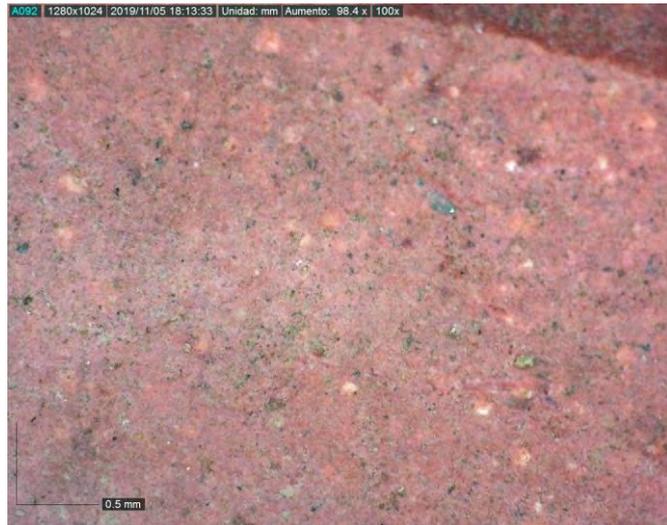
Muestra A26



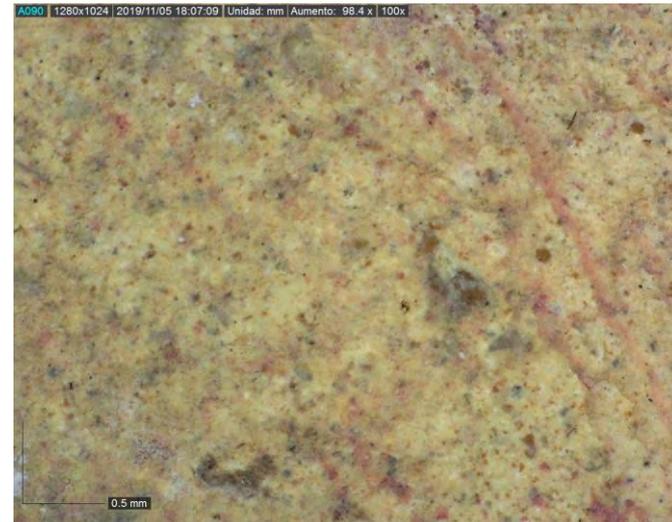
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



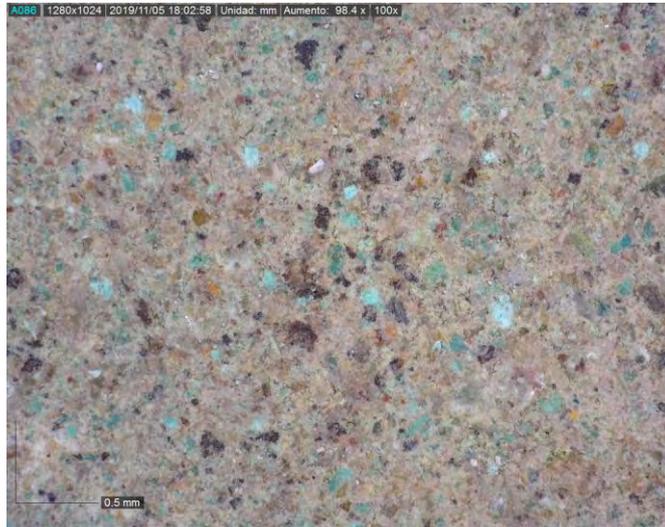
Microscopía óptica 100X



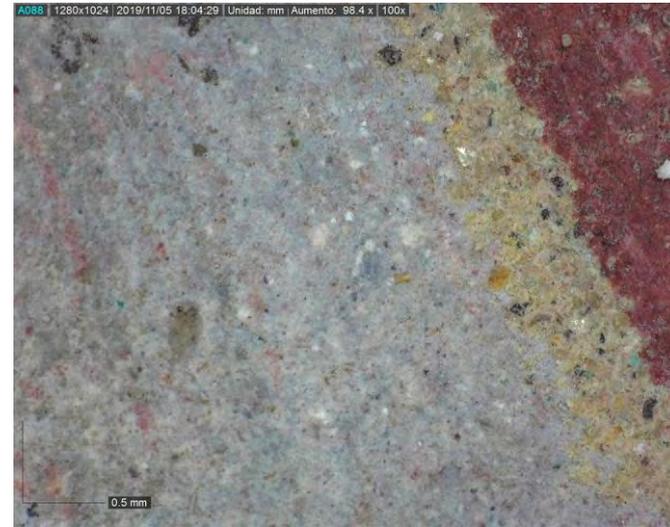
Microscopía óptica 100X



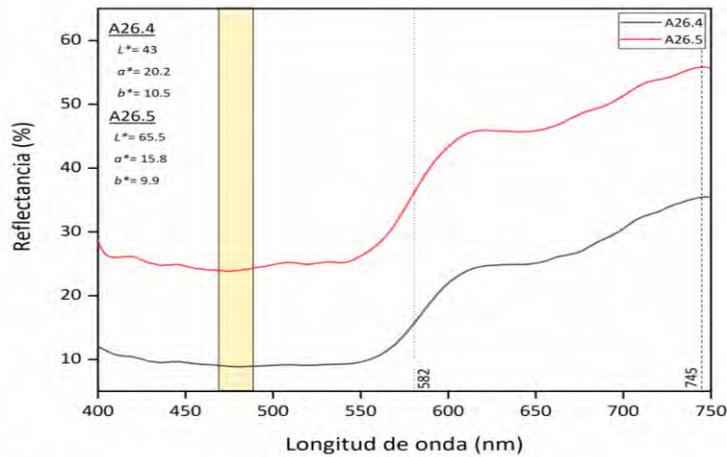
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

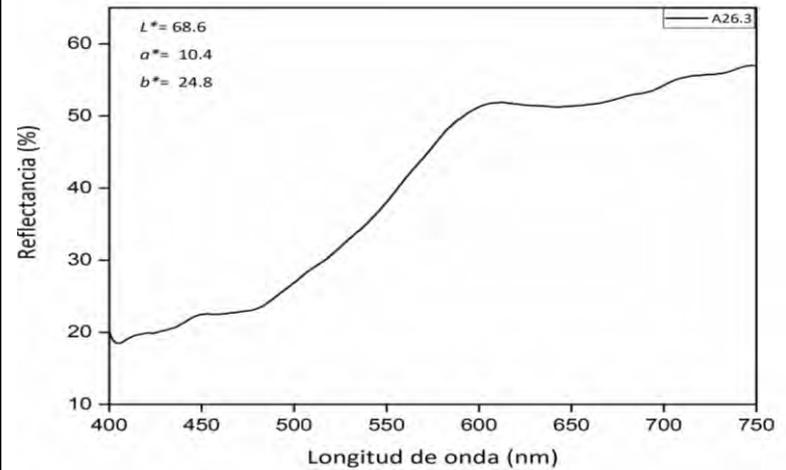


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



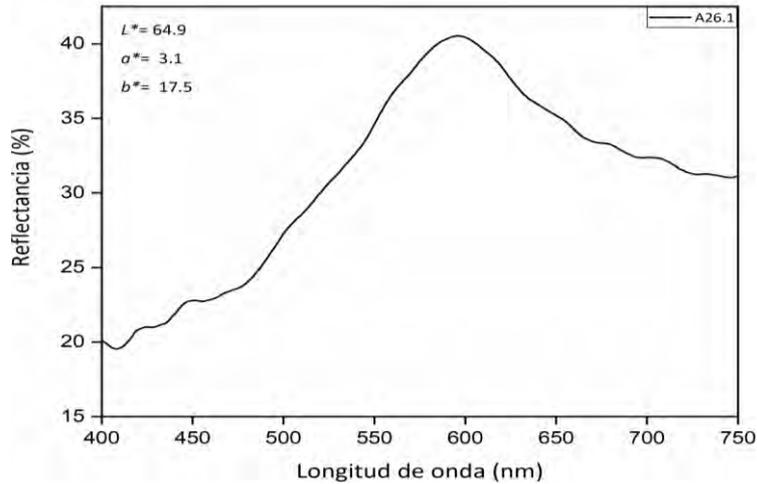
Pto. de inflexión: 582 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



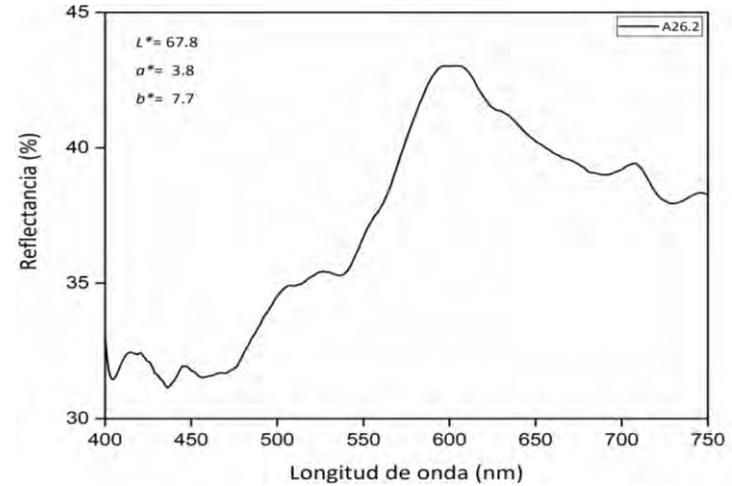
Pto. de inflexión: 582 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 650;

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



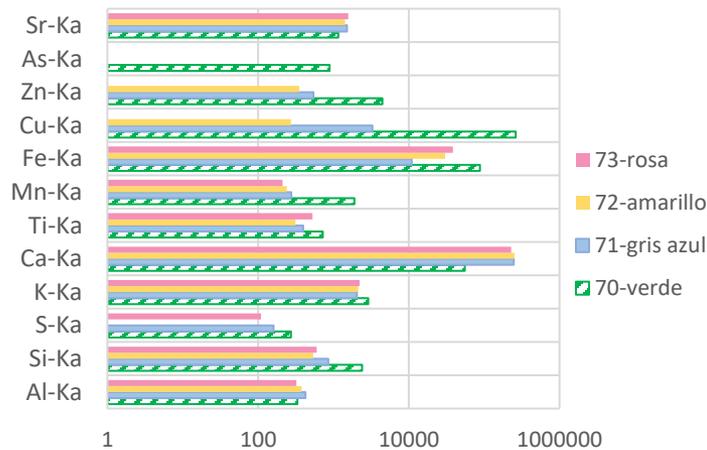
Máx. de reflectancia: 587 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



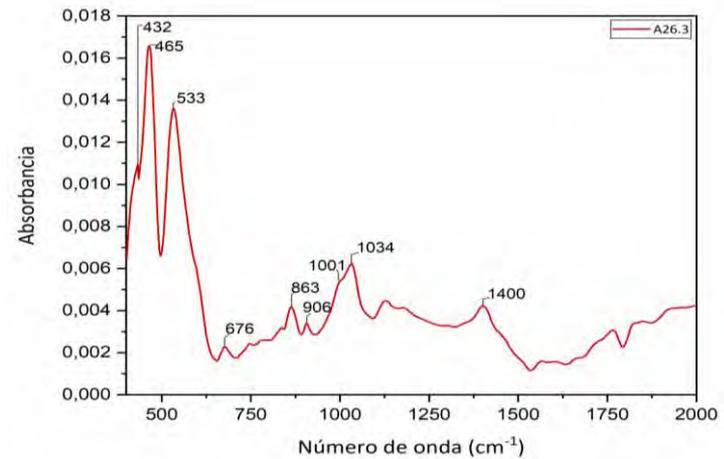
Máx. de reflectancia: 450, 600 nm

Fluorescencia de Rayos X



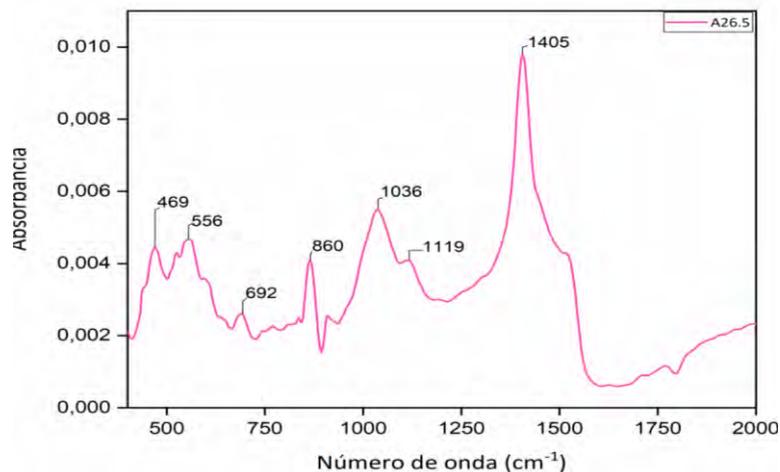
Els. químicos relevantes rosa: Fe, Ca Si, Al, K; amarillo: Fe, Ca; verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



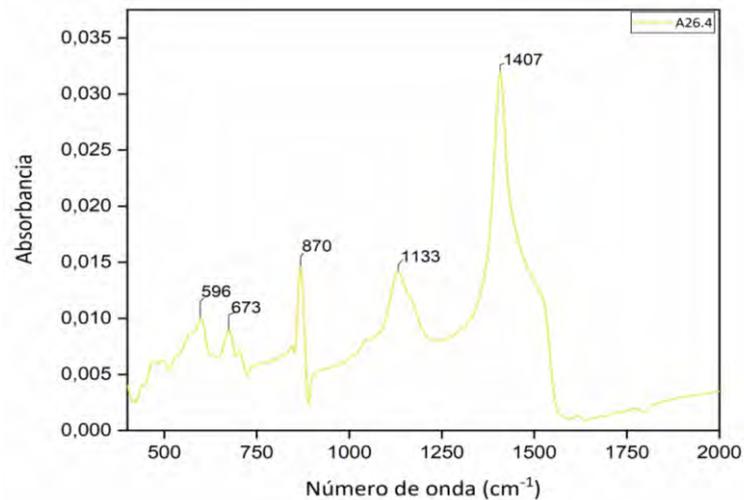
Óxidos de hierro: 465, 533; calcita: 863, 1400; caolinita: 432, 906, 1001, 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



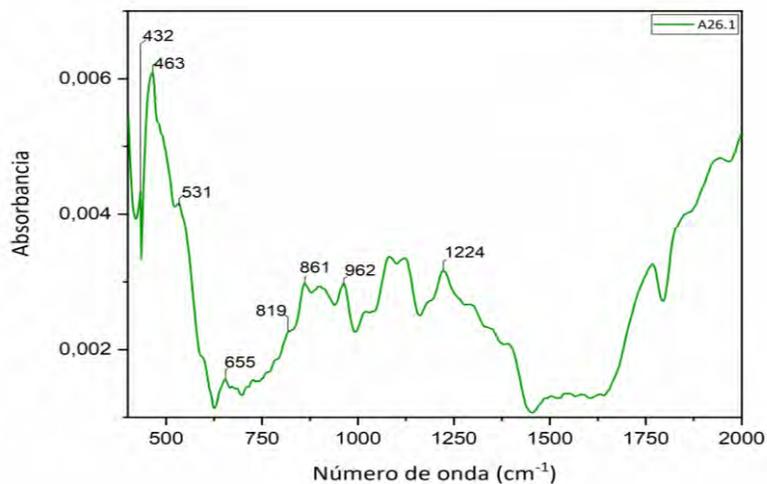
Óxidos de hierro: 469, 556; **calcita:** 860, 1405; **aluminosilicato:** 1036, 1119 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



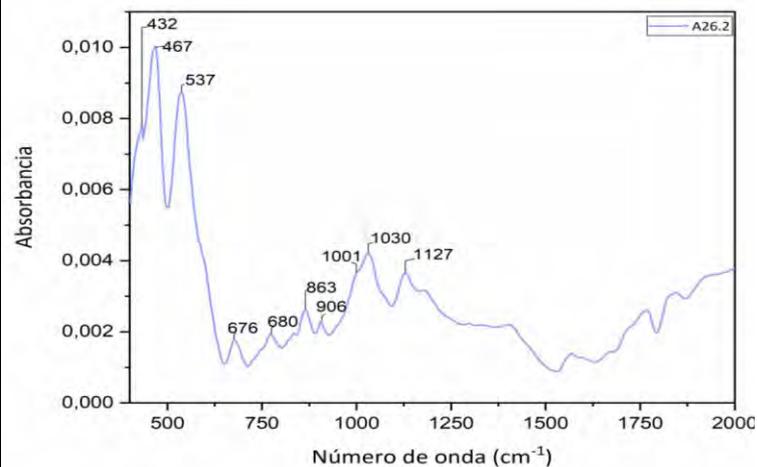
Calcita: 870, 1407 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



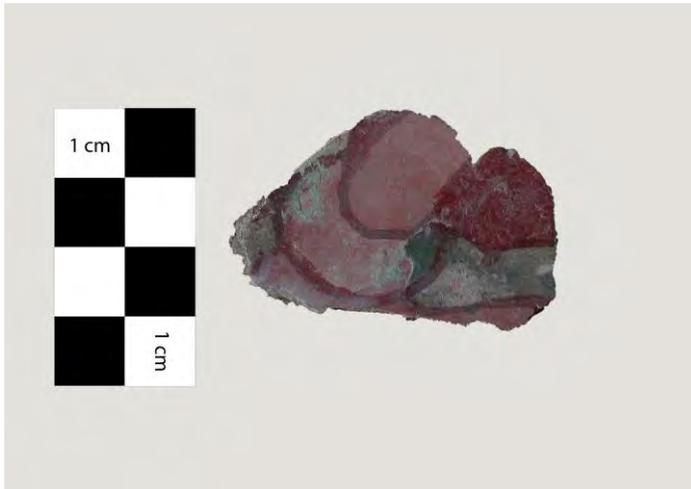
Óxidos de hierro: 461, 531; **malaquita:** 819, 861, 1224 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

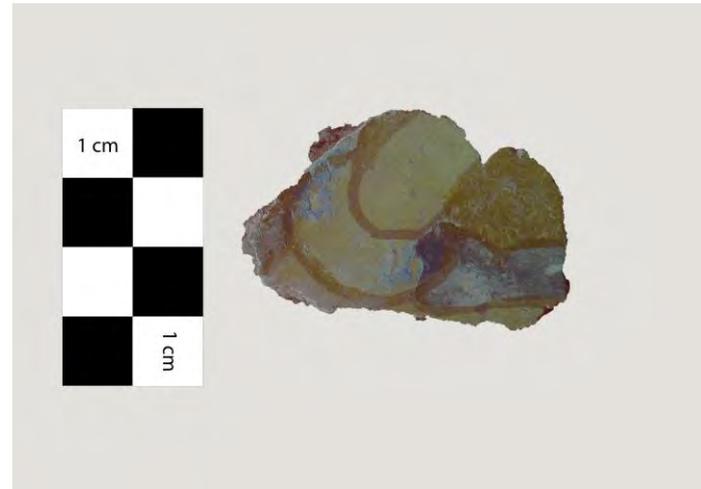


Óxidos de hierro: 467, 537; **calcita:** 860, 1405; **aluminosilicato:** 906, 1001, 1036, 1127 cm⁻¹

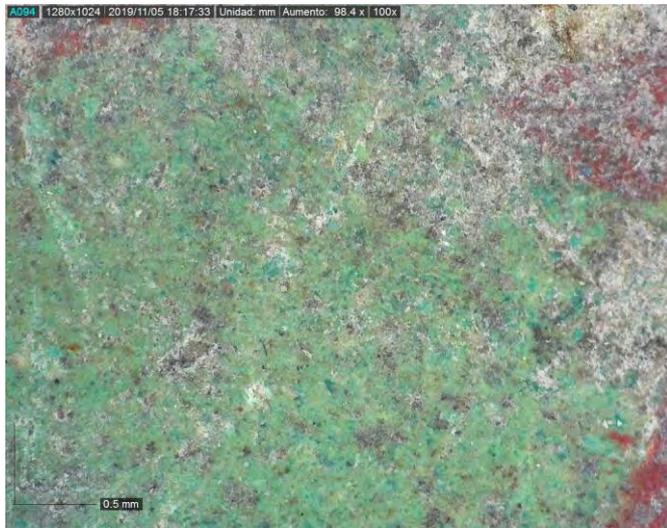
Muestra A30



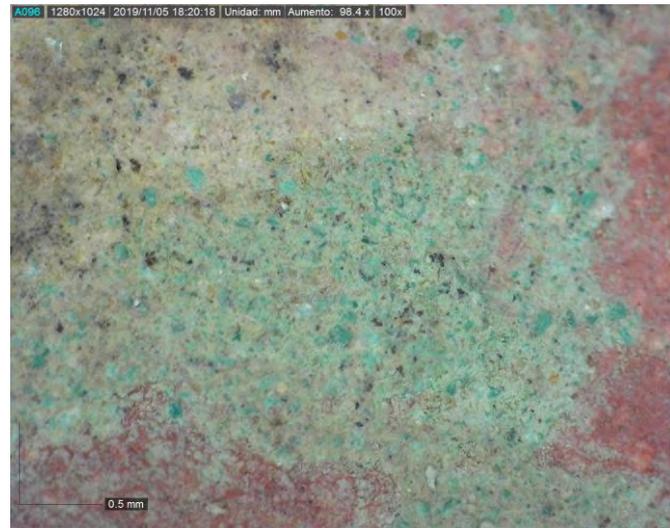
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



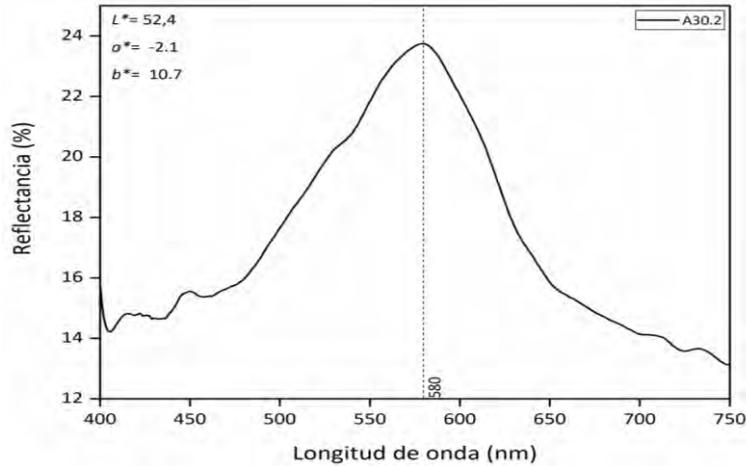
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

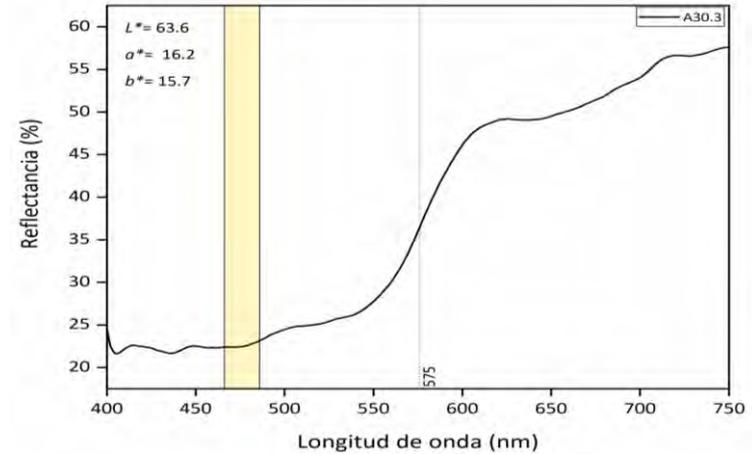


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



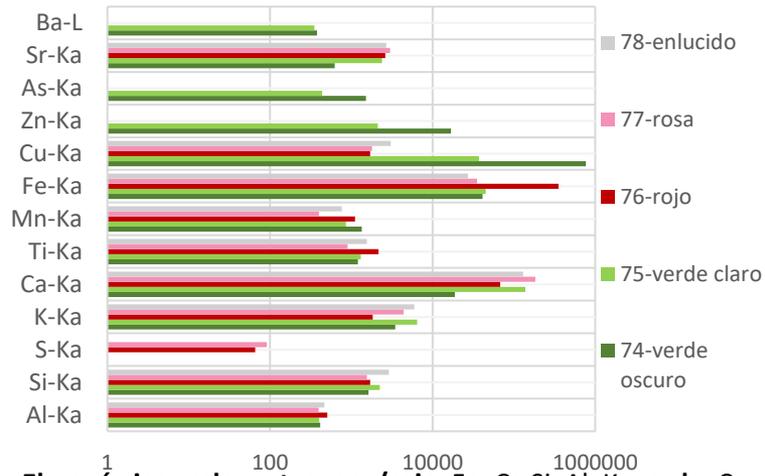
Máx. de reflectancia: 580 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rosa)



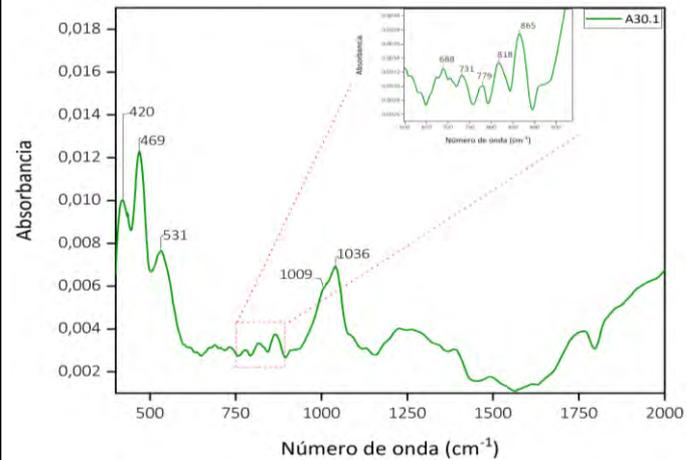
Pto. de inflexión: 575 nm; Máx. de reflectancia: 750 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



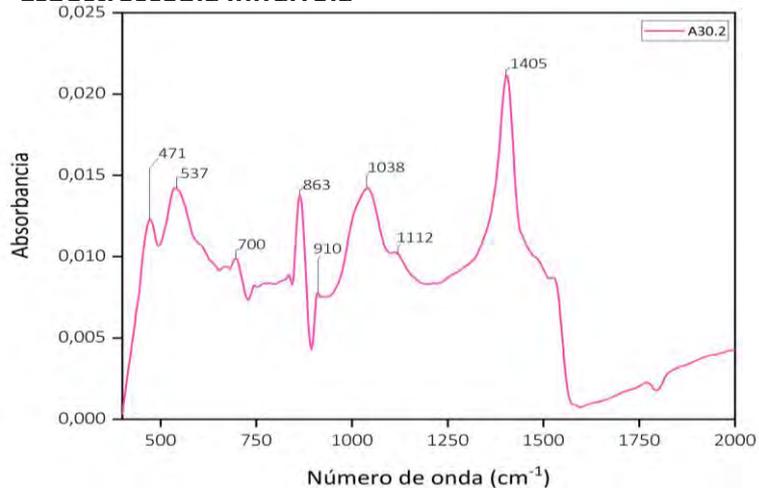
Els. químicos relevantes rosa/rojo: Fe, Ca Si, Al, K; verde: Cu, As, Zn.

Espectroscopía Infrarroja



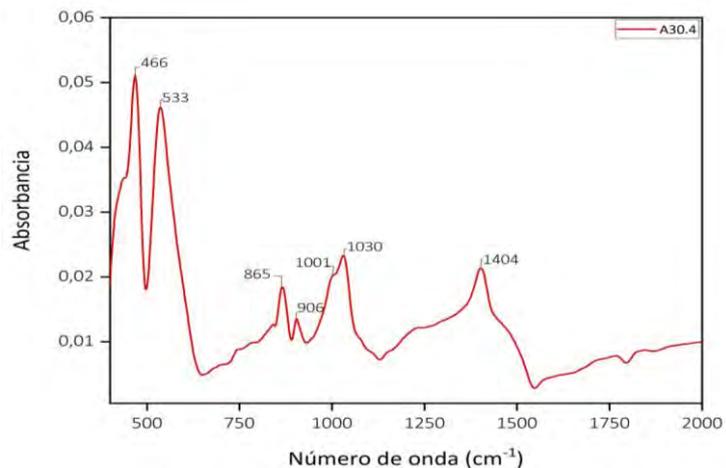
Óxidos de hierro: 469, 531; malaquita: 688, 731, 779, 818, 865; caolinita: 420, 1009, 1036 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



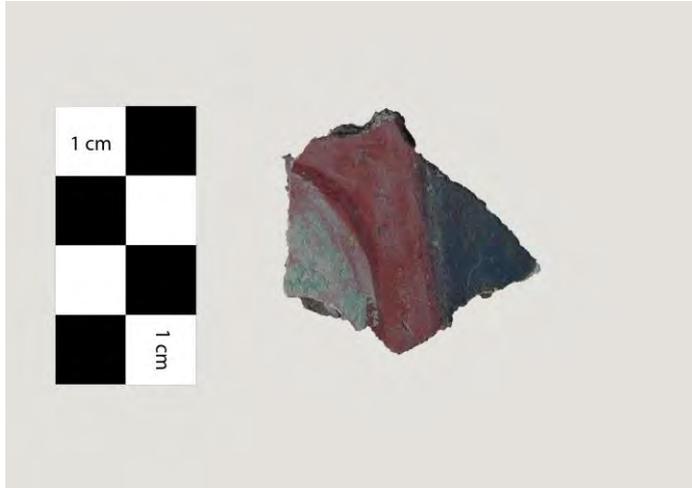
Óxidos de hierro: 471, 537; **calcita:** 700, 863, 1405; **caolinita:** 910, 1038, 1112 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

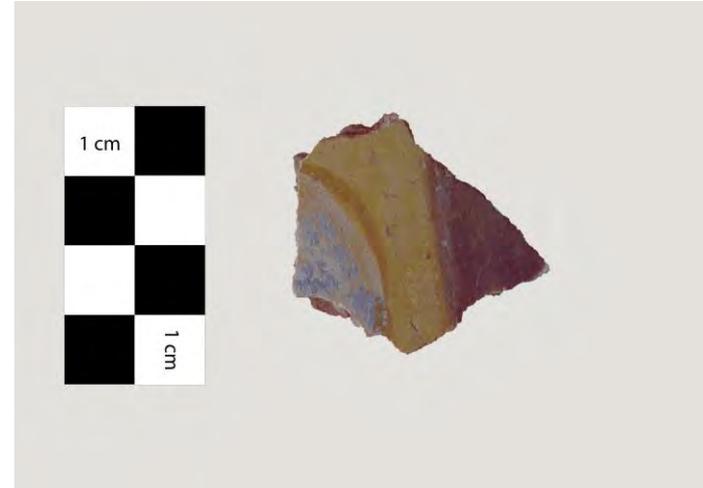


Óxidos de hierro: 471, 537; **calcita:** 700, 863, 1405; **caolinita:** 910, 1038, 1112 cm⁻¹

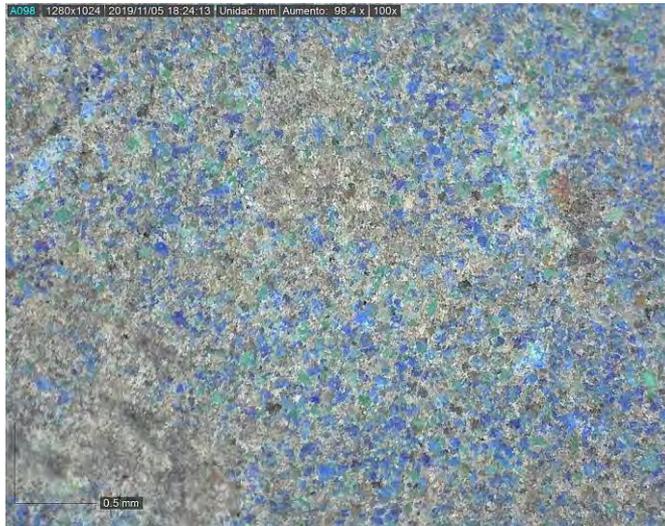
Muestra A31



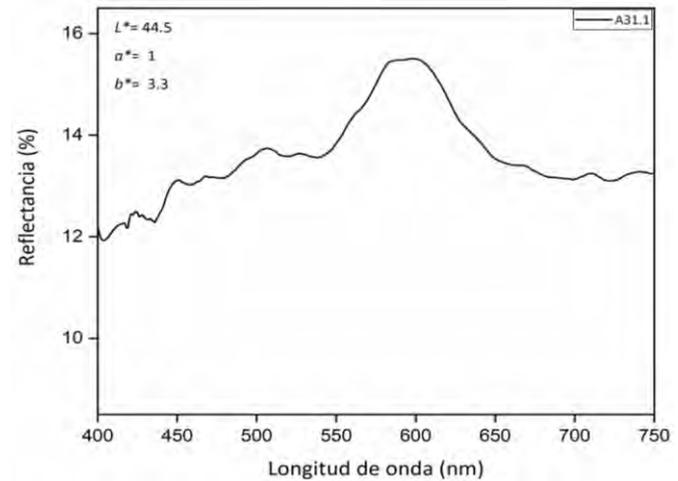
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



Microscopía óptica 100X

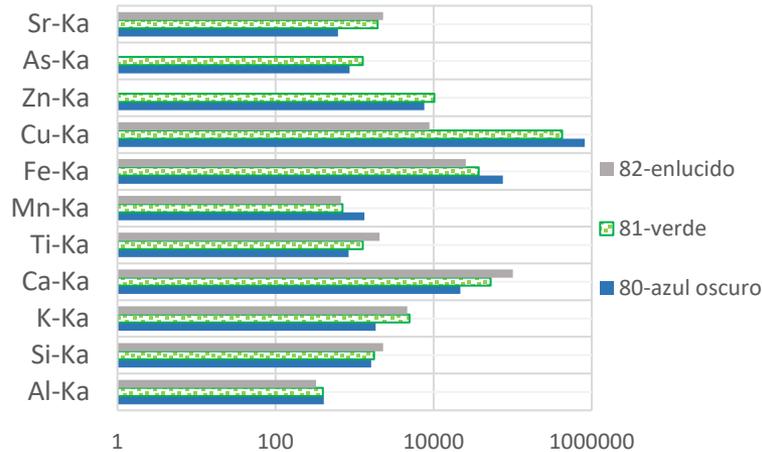


Espectrocolorimetría RUBY (azul)



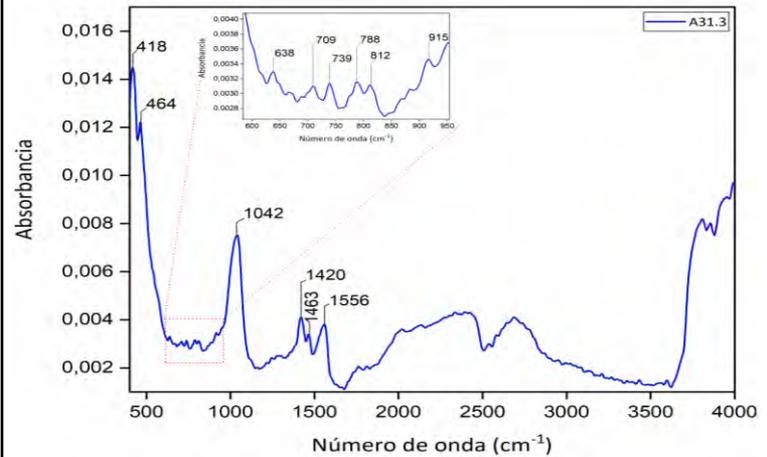
Máx. de reflectancia: 453, 585 nm

Fluorescencia de Rayos X



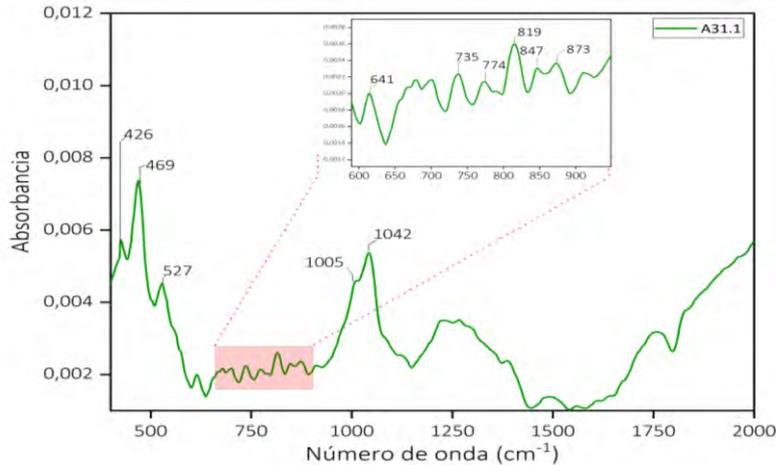
Els. químicos relevantes azul : Cu ; verde: Cu, As, Zn,

Espectroscopía Infrarroja



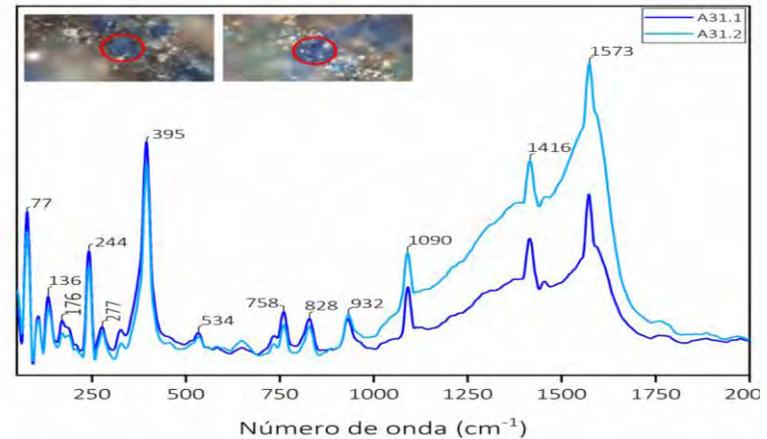
Óxidos de hierro: 469, 531; azurita: 464, 739, 788, 812, 1420, 1463; aluminosilicato: 416, 915, 1042 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



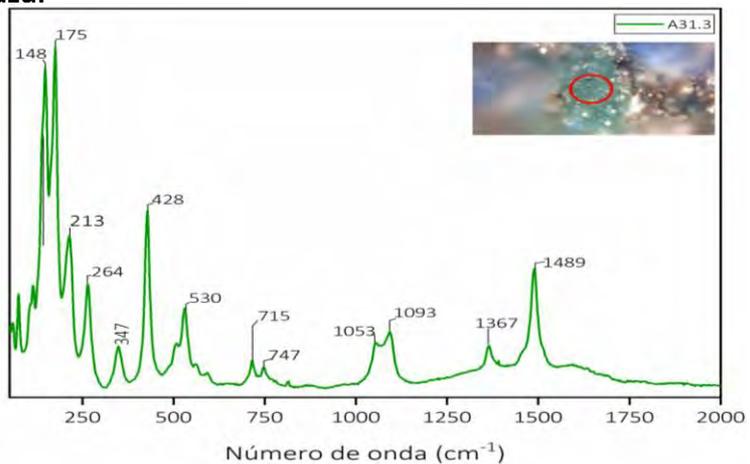
Óxidos de hierro: 469, 527; malaquita: 735, 774, 819, 873; aluminosilicato: 420, 1005, 1042 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) partícula azul en pigmento azul



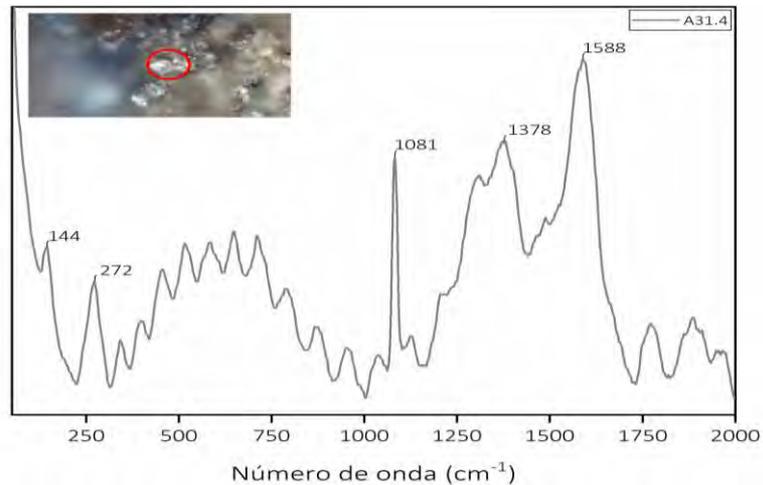
Azurita: 77, 136, 176, 244, 277, 395, 534, 758, 825, 932, 1090, 1416, 1573 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) partícula verde en pigmento azul



Malaquita: 148, 175, 213, 264, 347, 428, 530, 715, 747, 1053, 1093, 1367, 1489, cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz de pigmento azul



Calcita: 270, 1081; **anatasa:** 144; **carbón:** 1378, 1588 cm⁻¹

Muestra A34



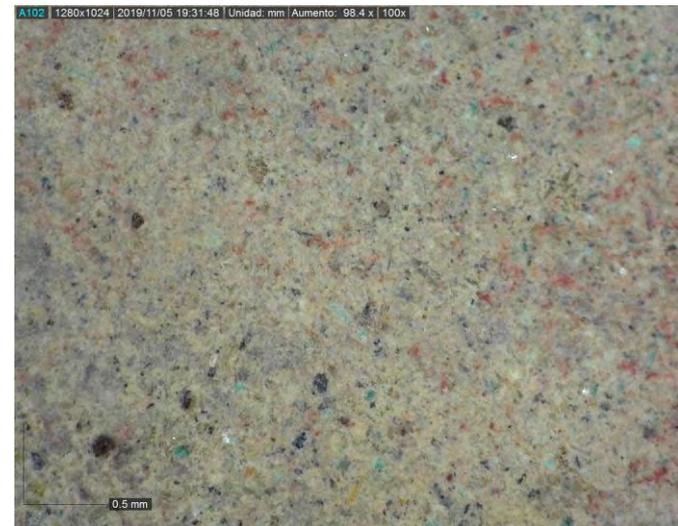
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



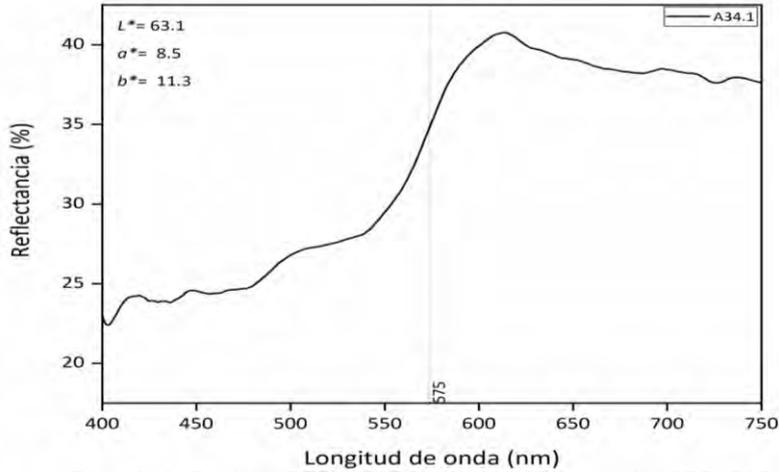
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

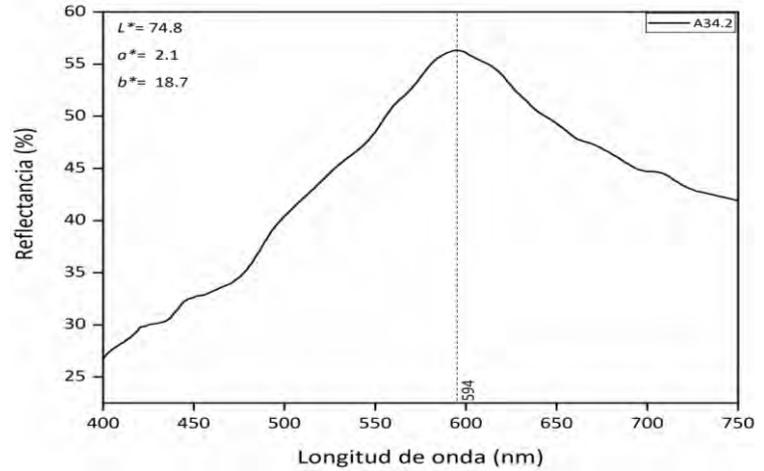


Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



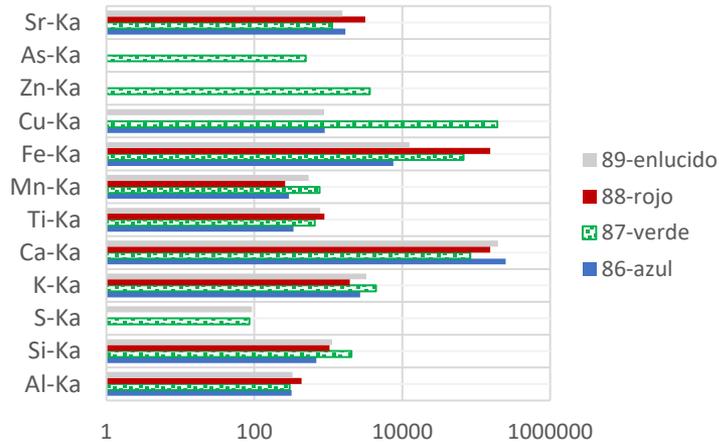
Pto. de inflexión: 575 nm; Máx. de reflectancia: 459, 618 nm

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



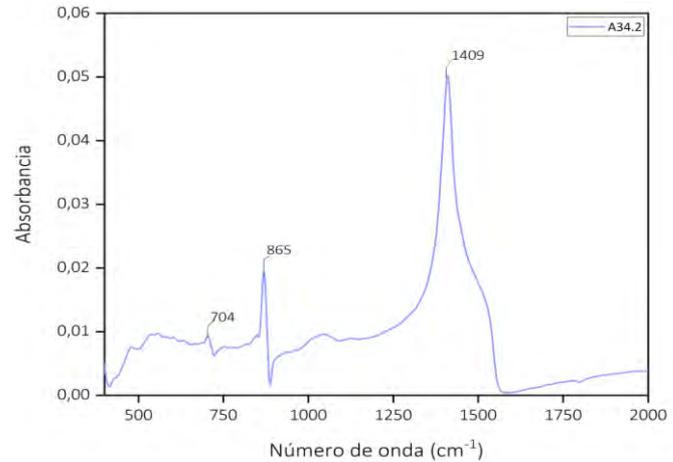
Máx. de reflectancia: 594 nm

Fluorescencia de Rayos X



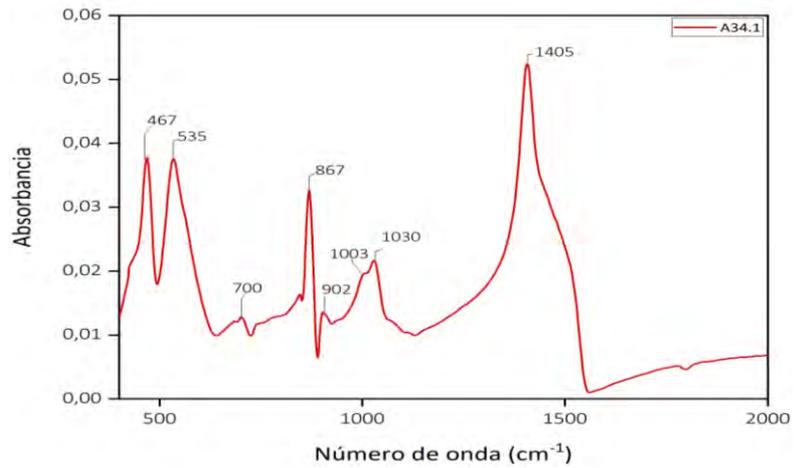
Els. químicos relevantes verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



Calcita: 704, 863, 1400 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

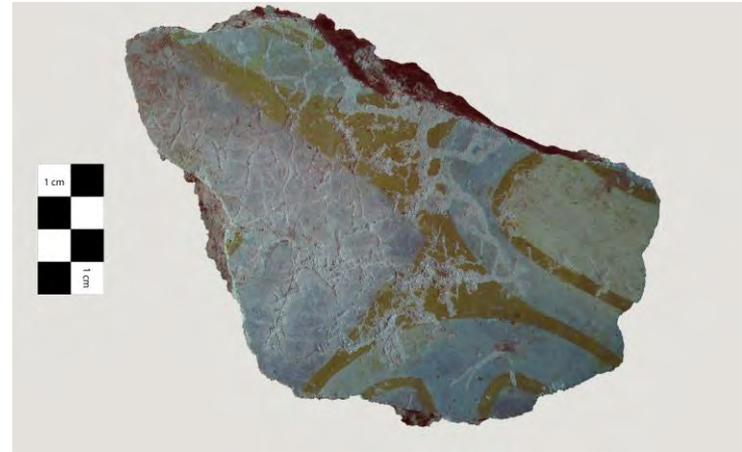


Óxidos de hierro: 467, 535; **calcita:** 700, 867, 1405;
caolinita: 902, 1003, 1030 cm⁻¹

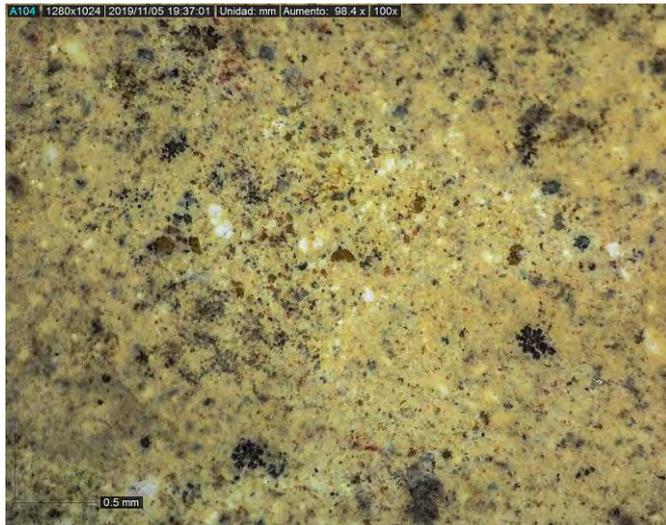
Muestra A35



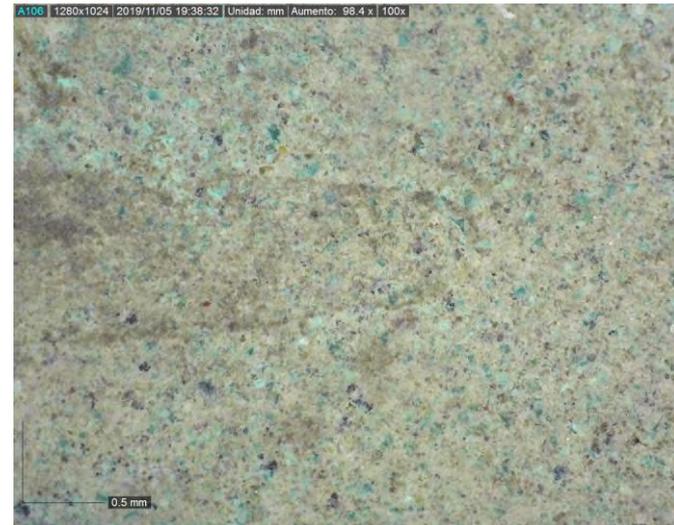
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



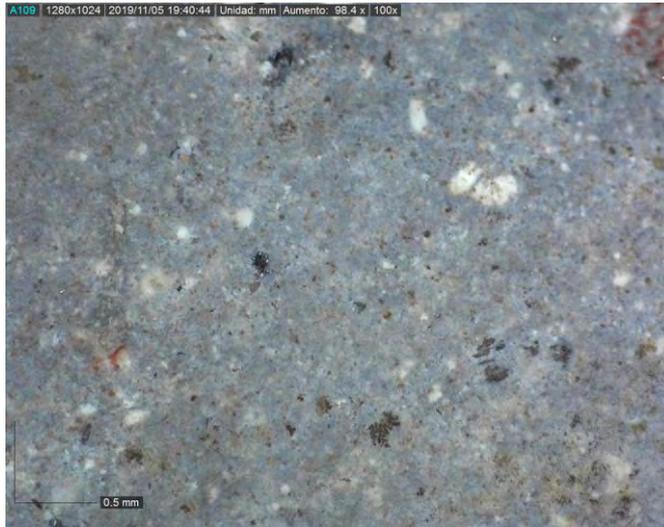
Microscopía óptica 100X



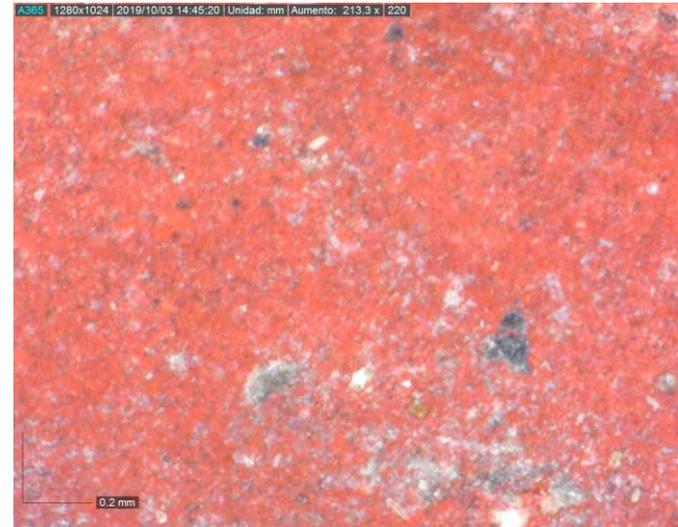
Microscopía óptica 100X



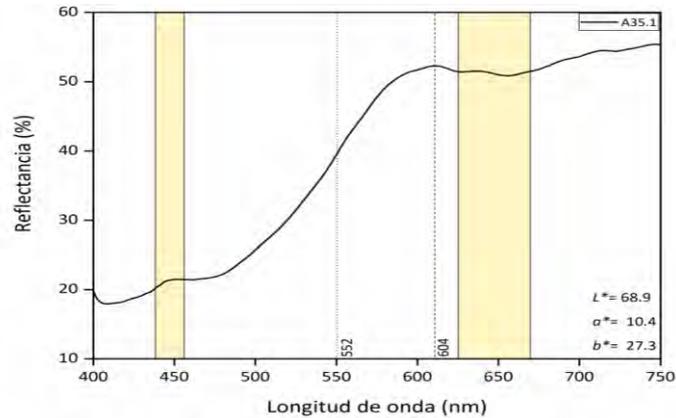
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

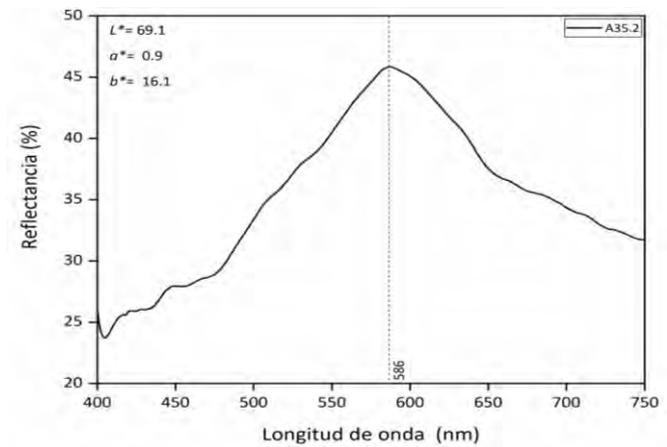


Espectroscopía de reflectancia (amarillo)



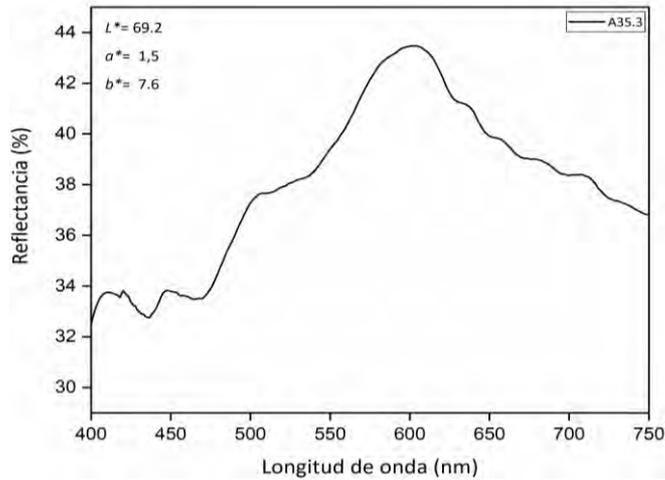
Pto. de inflexión: 552 nm; **Máx. de reflectancia:** 604 nm;
banda absorción: ± 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Espectroscopía de reflectancia (verde)



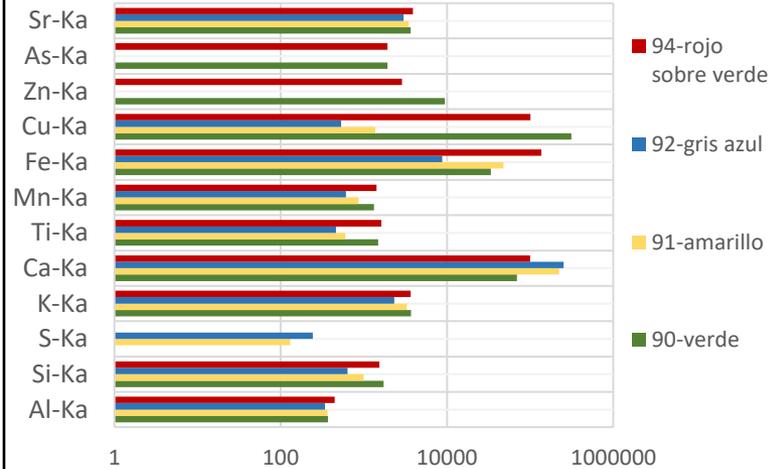
Máx. de reflectancia: 586 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



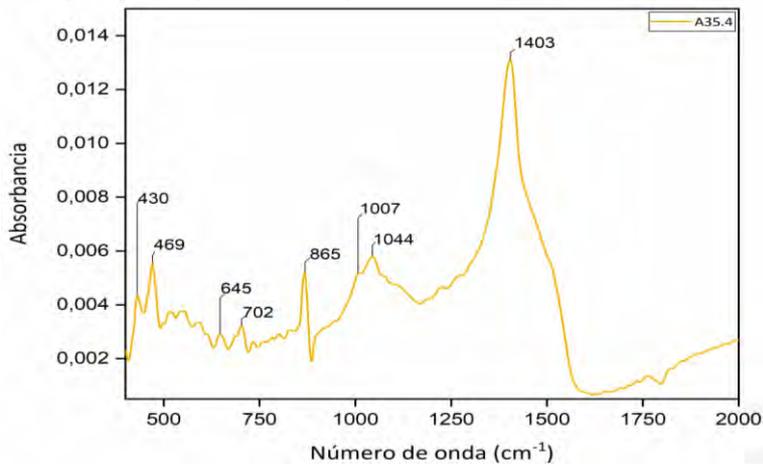
Maxs. de reflectancia: 453, 600nm

Fluorescencia de Rayos X



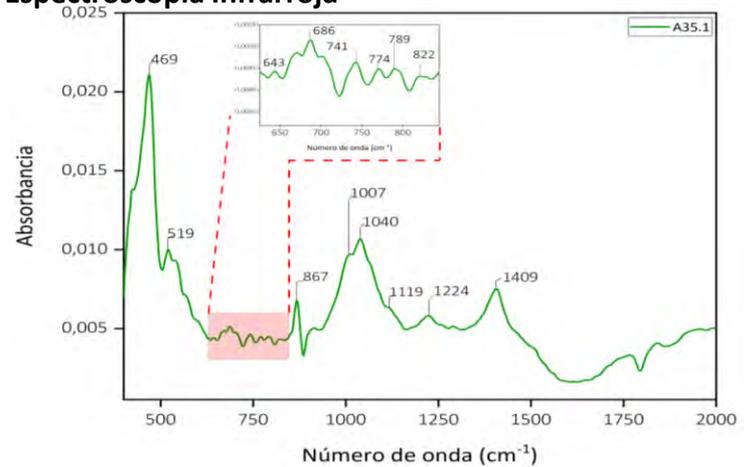
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca Si, Al, K; amarillo: Fe, Ca; verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



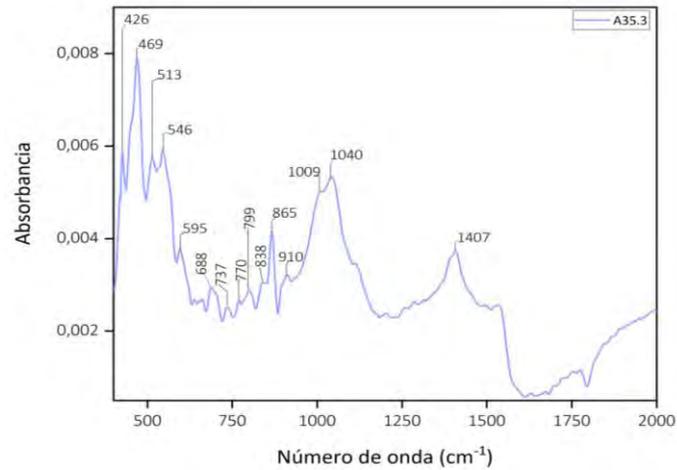
Óxidos de hierro: 469, 527; aluminosilicato: 430, 1007, 1044; calcita: 702, 865, 1403 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



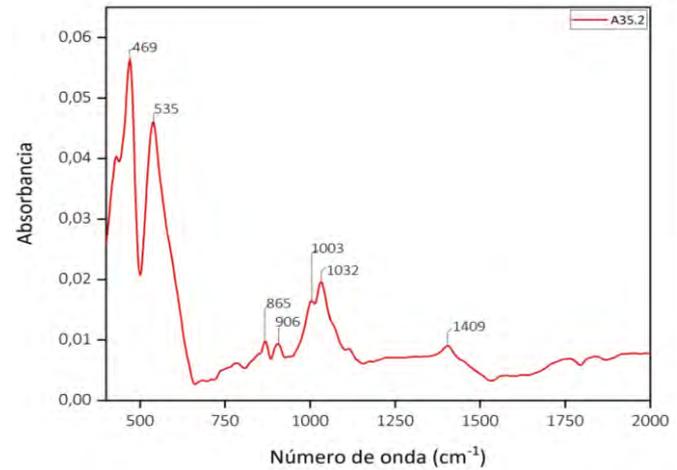
Óxidos de hierro: 469; malaquita: 519, 741, 774, 789, 822, 873; calcita: 867, 1409 aluminosilicato: 1007, 1040 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



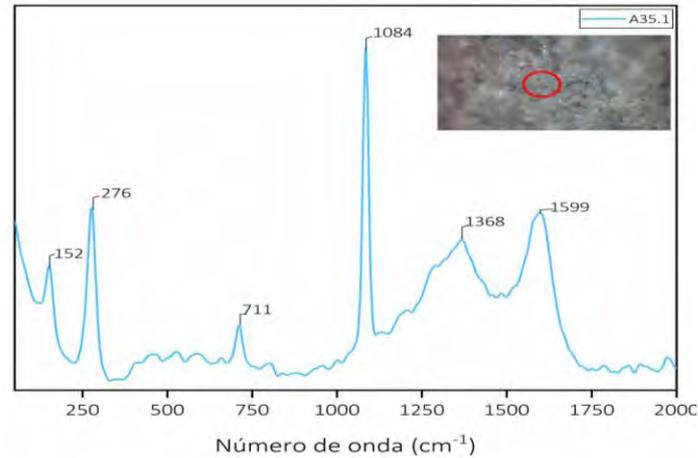
Óxidos de hierro: 469, 556; calcita: 865, 1407; aluminosilicato: 426, 910, 1009, 1040 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



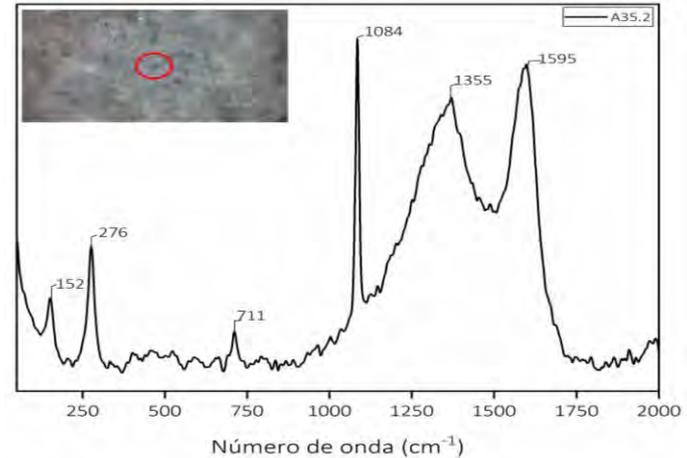
Óxidos de hierro: 469, 535; calcita: 865, 1409; caolinita: 426, 906, 1003, 1032 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz gris azulado



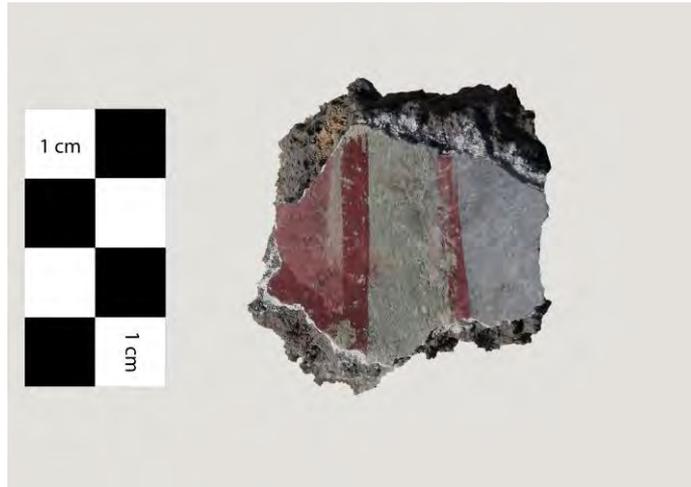
Calcita: 152, 276, 711, 1084; carbón: 1368, 1599 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula negra en matriz gris azulado

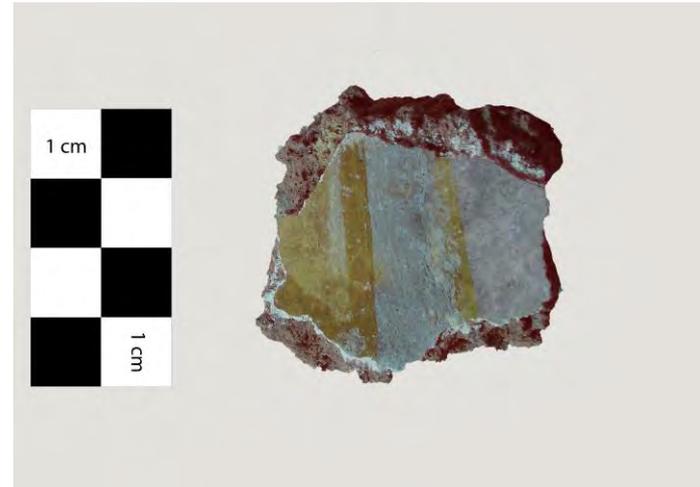


Carbón: 1355, 1595, calcita: 152, 276, 711, 1084; cm⁻¹

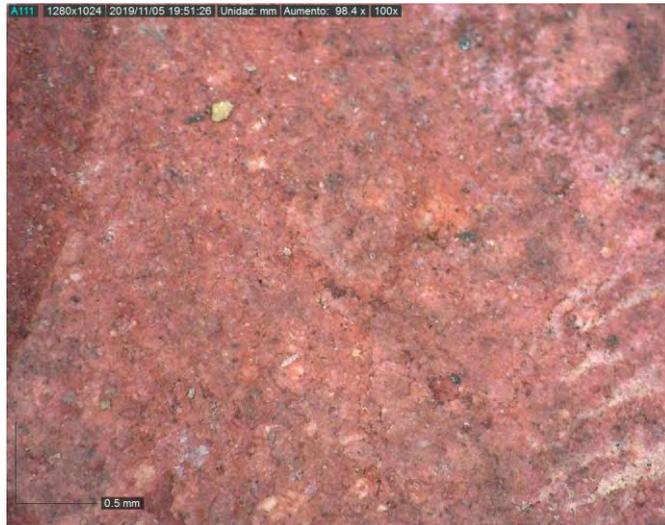
Muestra A42



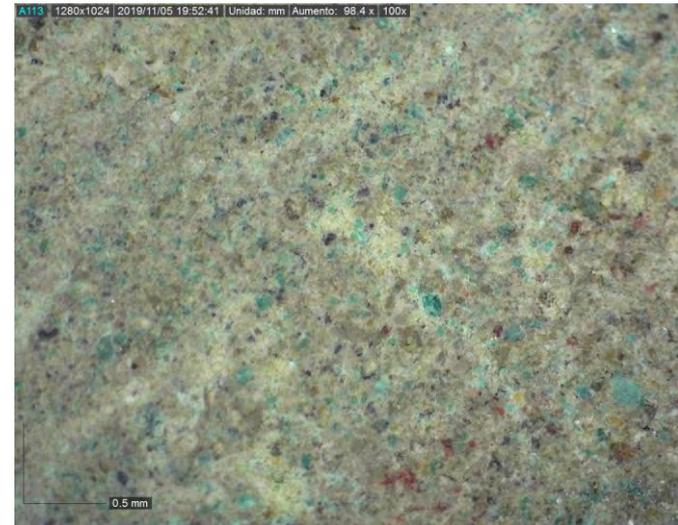
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



Microscopía óptica 100X



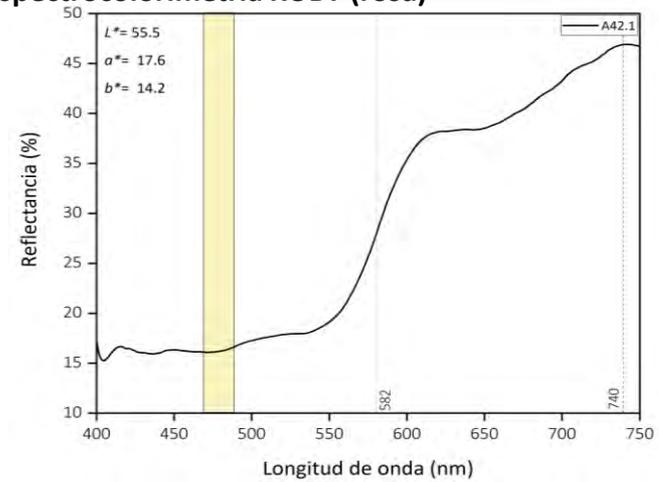
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

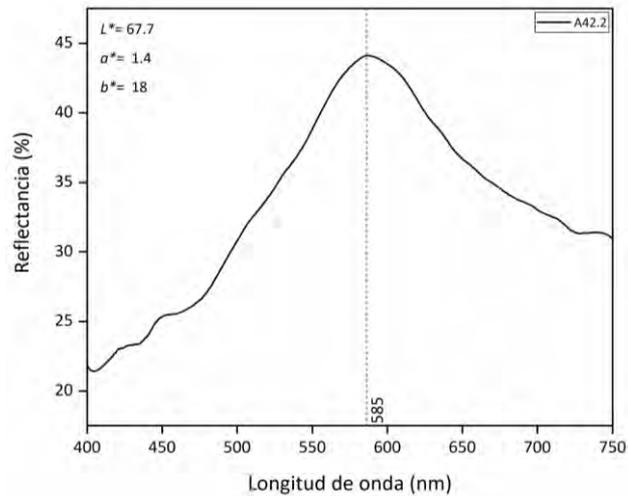


Espectrocolorimetría RUBY (rosa)



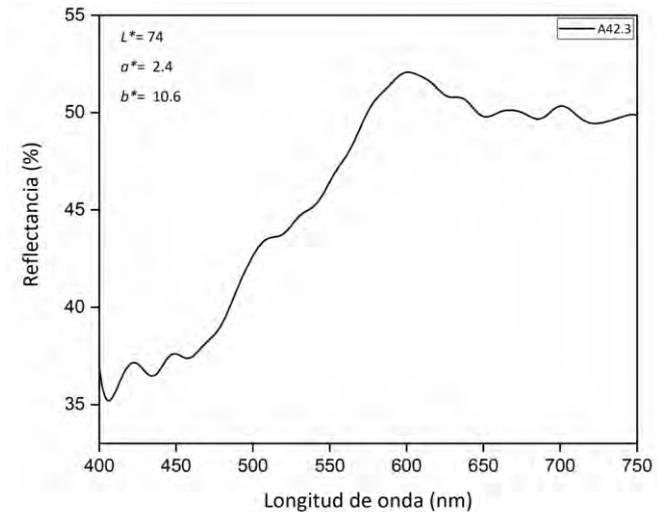
Pto. de inflexión: 582 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm; banda absorción: \pm 490

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



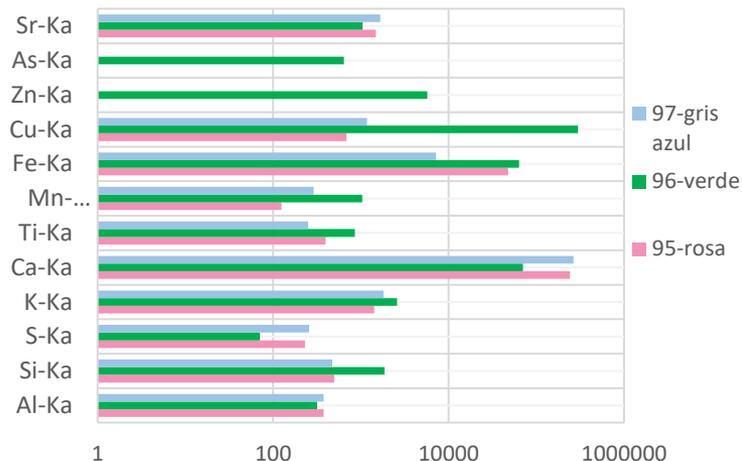
Máx. de reflectancia: 585 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



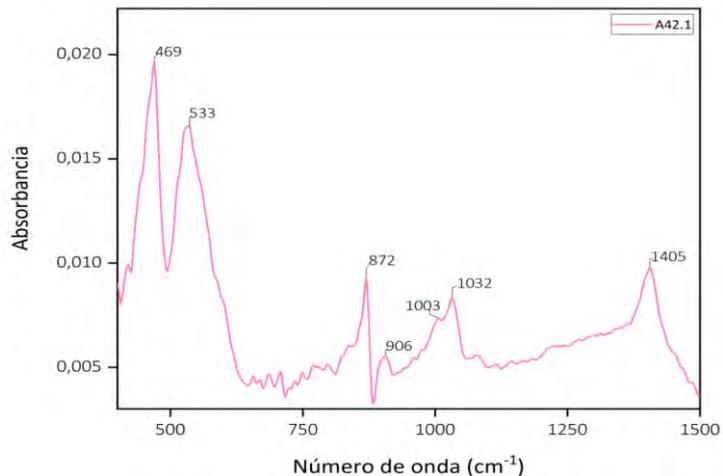
Máx. de reflectancia: 453, 598 nm

Fluorescencia de Rayos X



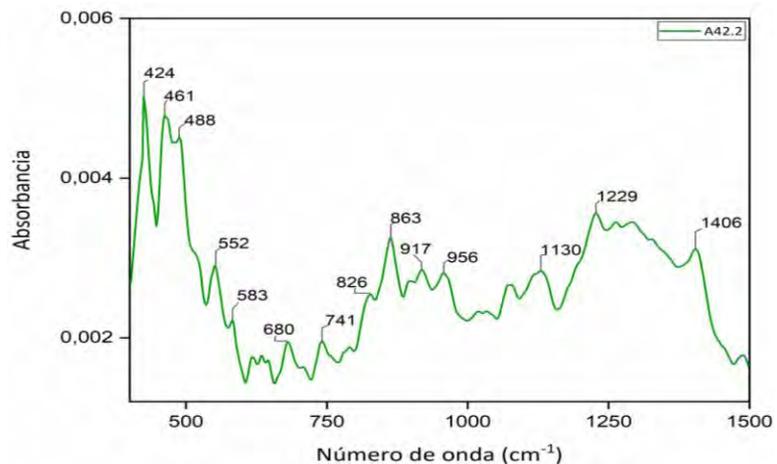
Els. químicos relevantes rosa: Ca, Fe, Si, Al; verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



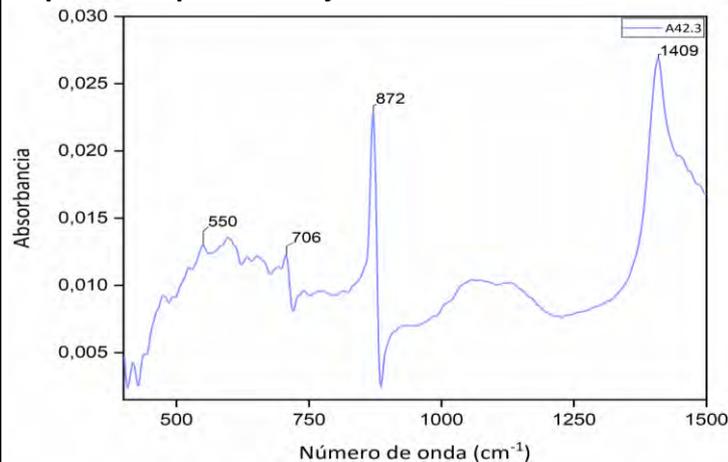
Óxidos de hierro: 469, 533; calcita: 872, 1405; caolinita: 426, 906, 1003, 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



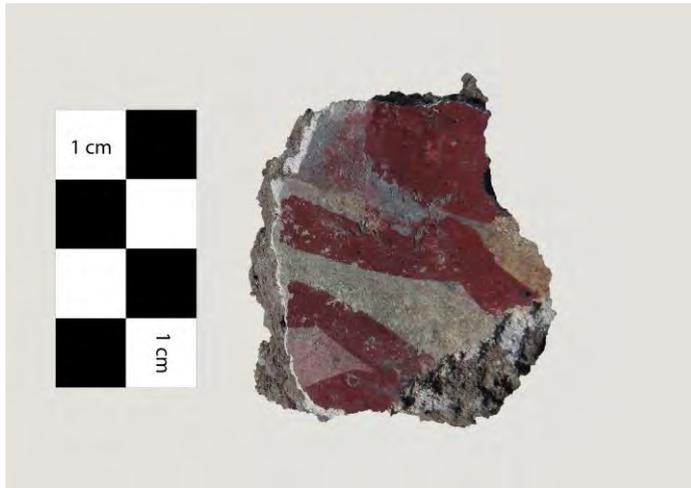
Malaquita: 552, 741, 826; calcita: 867, 1409 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja

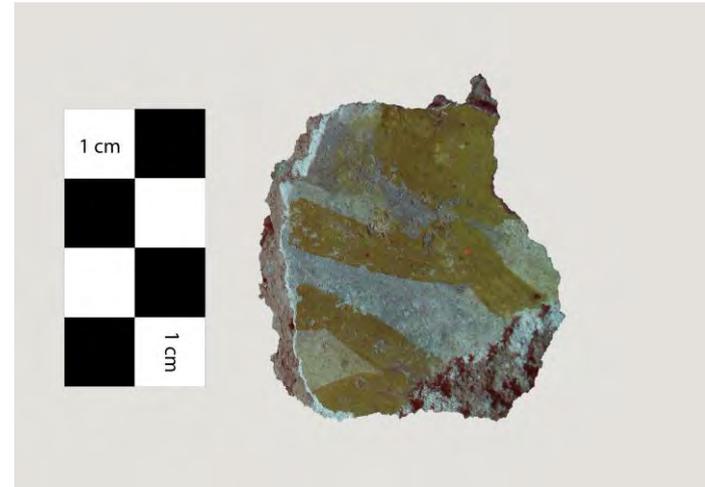


Calcita: 706, 82, 1409 cm^{-1}

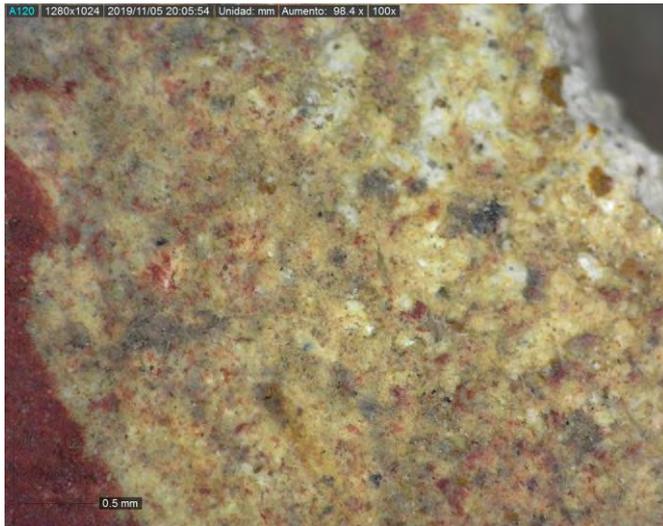
Muestra A44



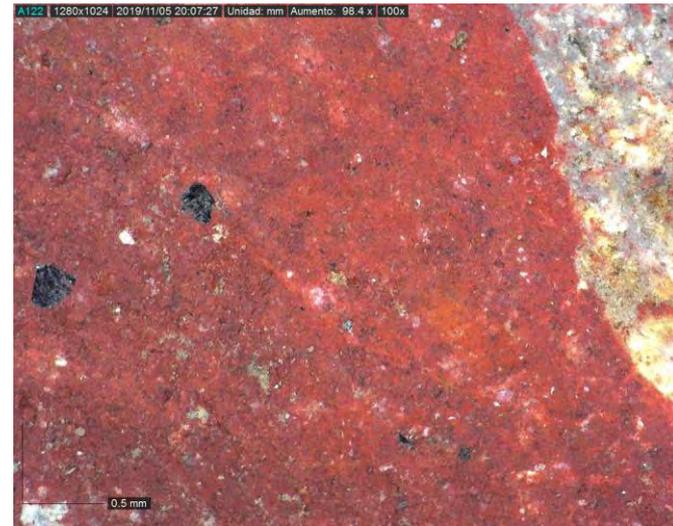
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



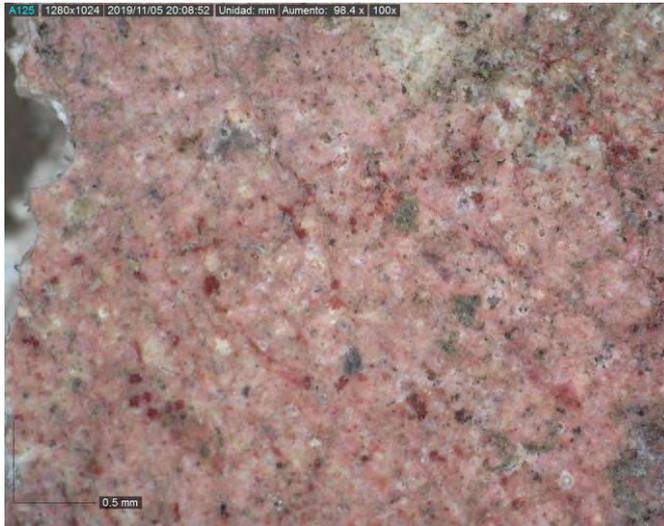
Microscopía óptica 100X



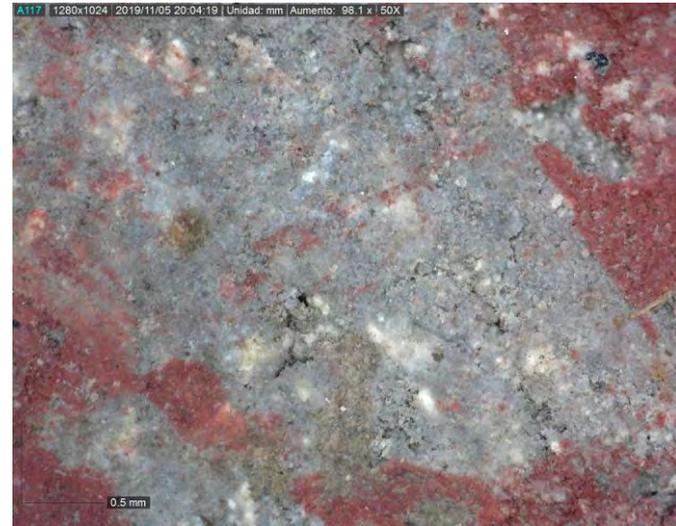
Microscopía óptica 100X



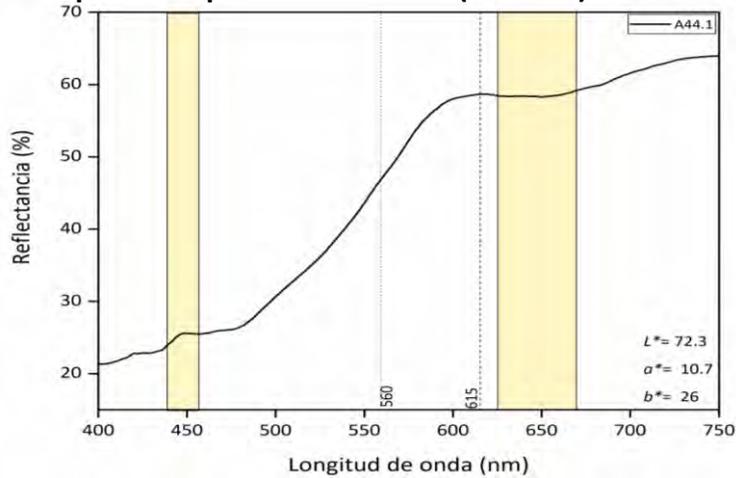
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

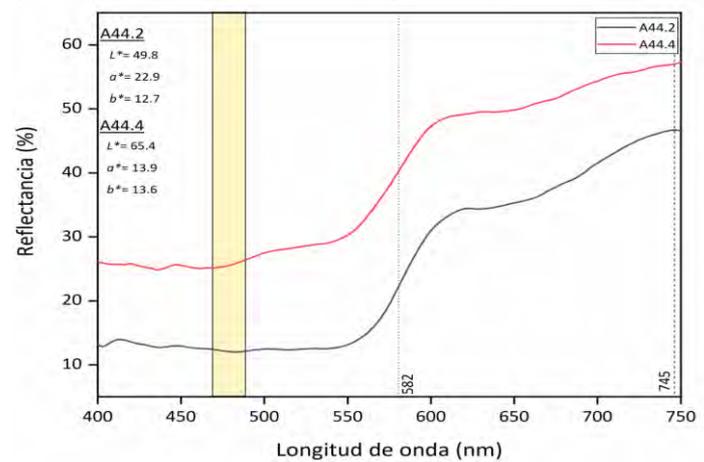


Espectroscopía de reflectancia (amarillo)



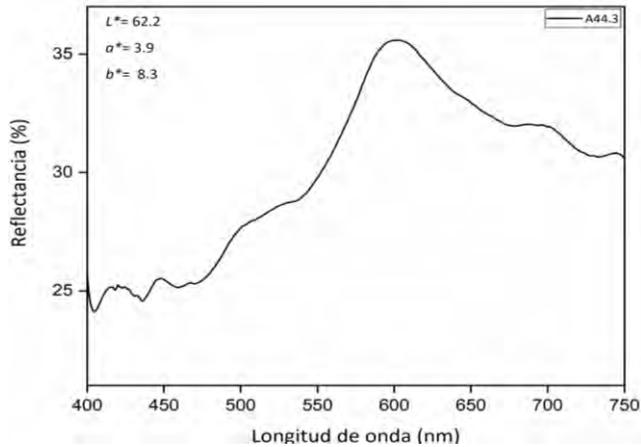
Pto. de inflexión: 562 nm; **Máx. de reflectancia:** 615 nm;
banda absorción: ± 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



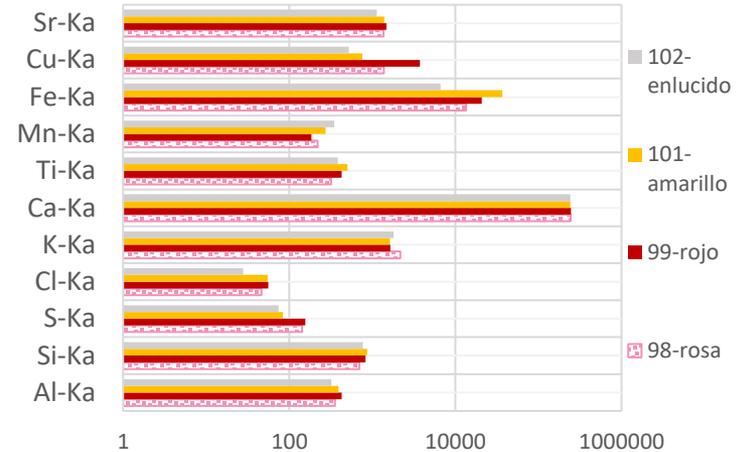
Pto. de inflexión: 582 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 490

Espectroscopía de reflectancia (gris azulado)



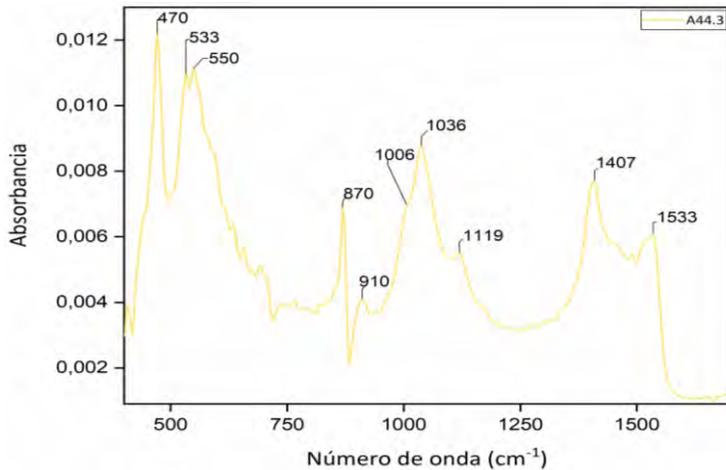
Máxs. de reflectancia: 453, 598 nm

Fluorescencia de Rayos X



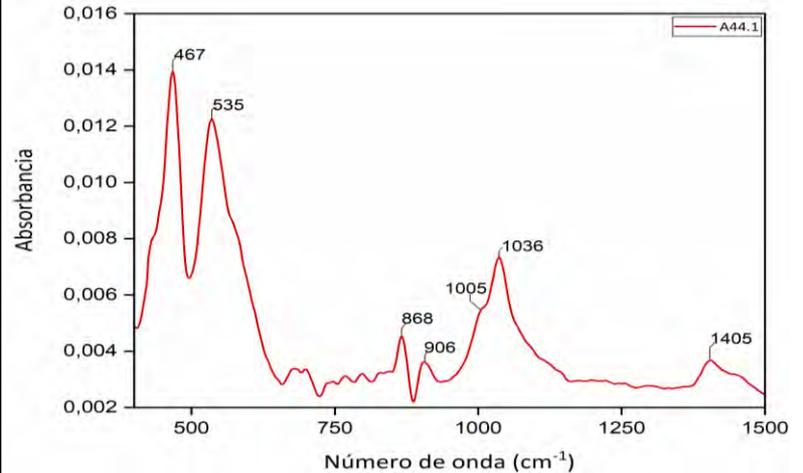
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Ca, Fe, Si, Al; amarillo: Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



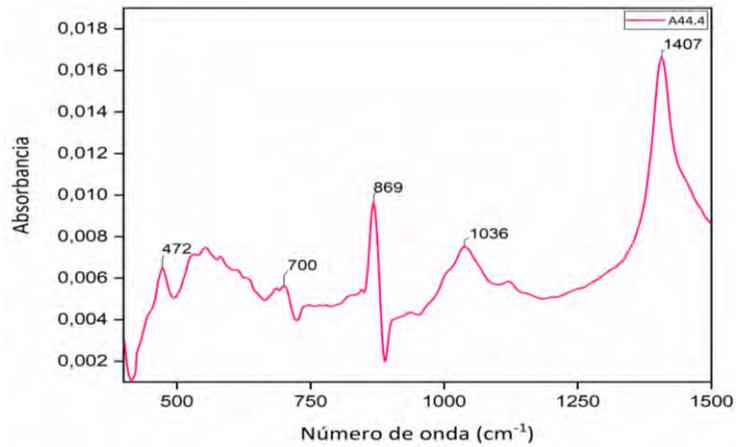
Óxidos de hierro: 470, 533; calcita: 870, 1407, 1533; caolinita: 910, 1006, 1036, 1119 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



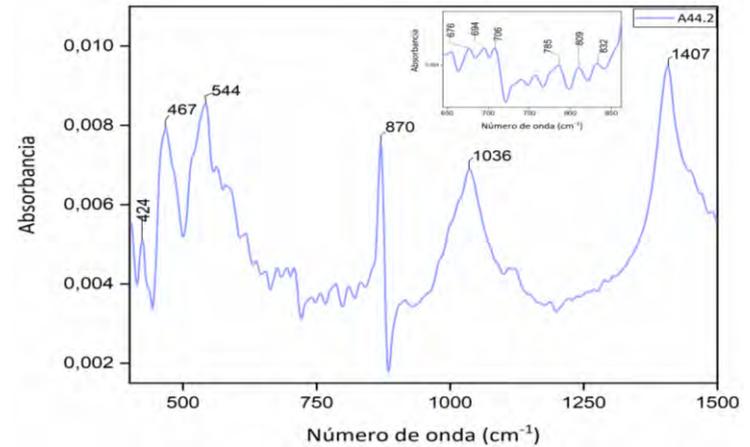
Óxidos de hierro: 467, 535; calcita: 868, 1405; caolinita: 423, 906, 1005, 1036 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



Calcita: 700, 870, 1407 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

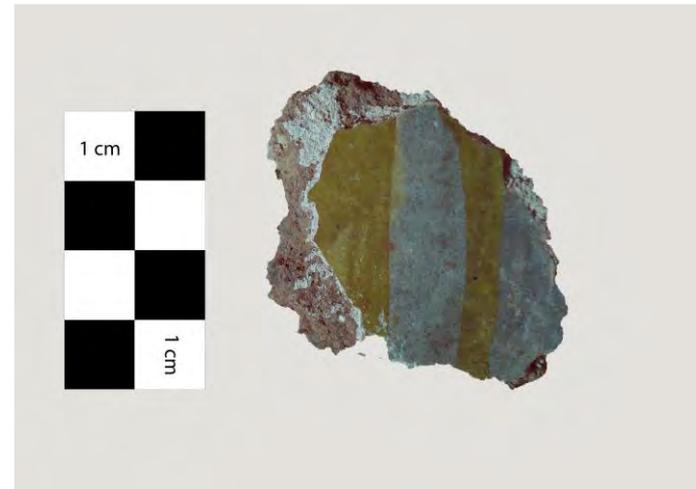


Óxidos de hierro: 467, 544; **calcita:** 870, 1407;
aluminosilicato: 424, 1036 cm⁻¹

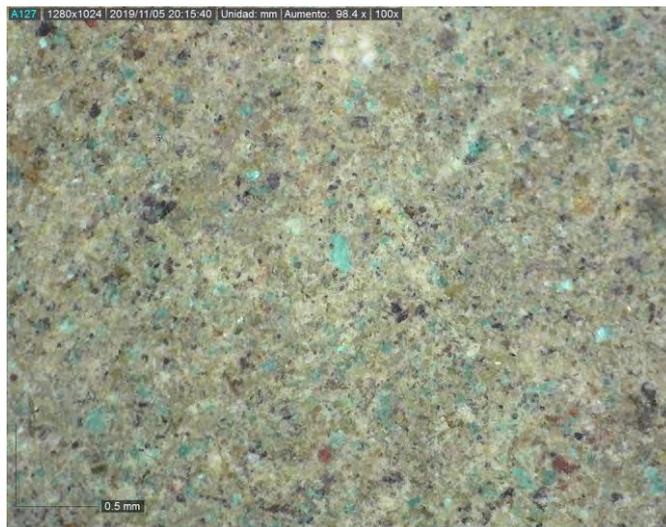
Muestra A45



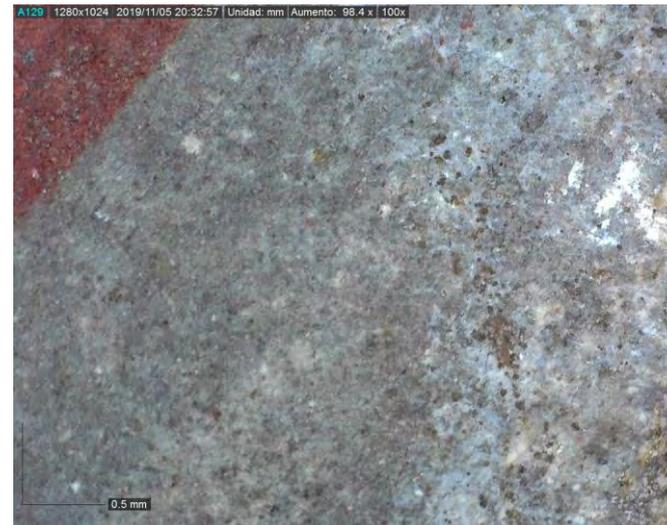
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



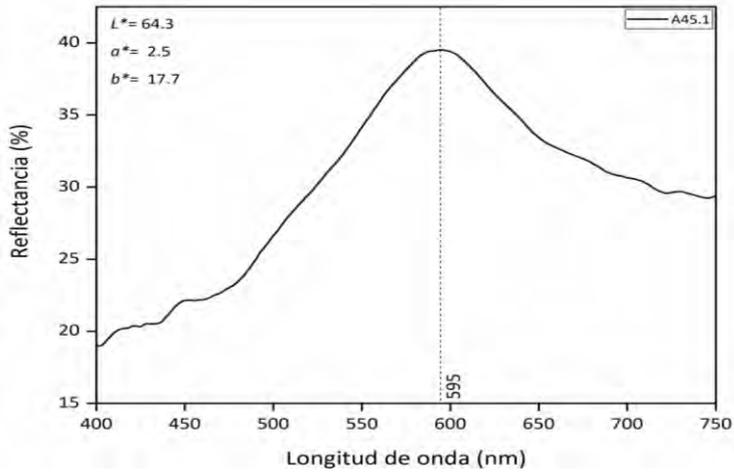
Microscopía óptica 100X



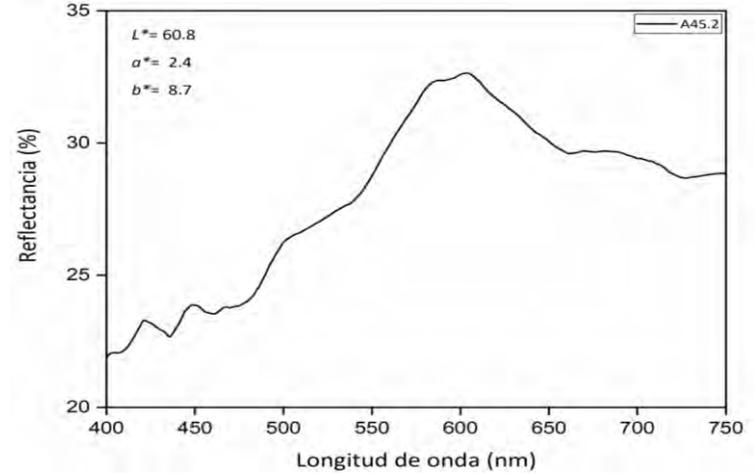
Microscopía óptica 100X



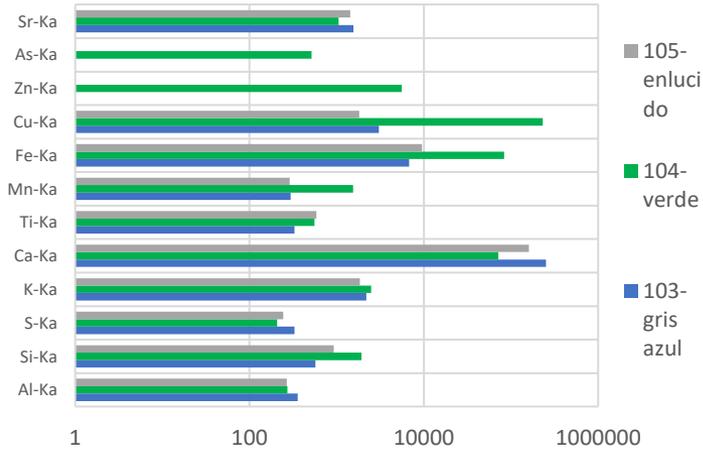
Espectrocolorimetría RUBY (verde)



Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)

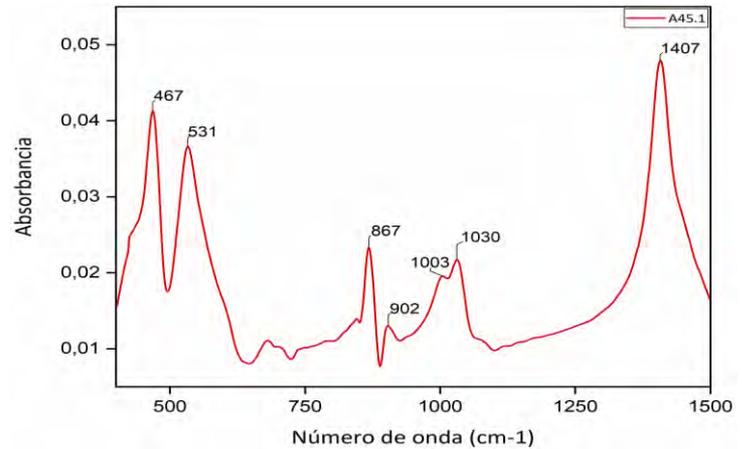


Fluorescencia de Rayos X



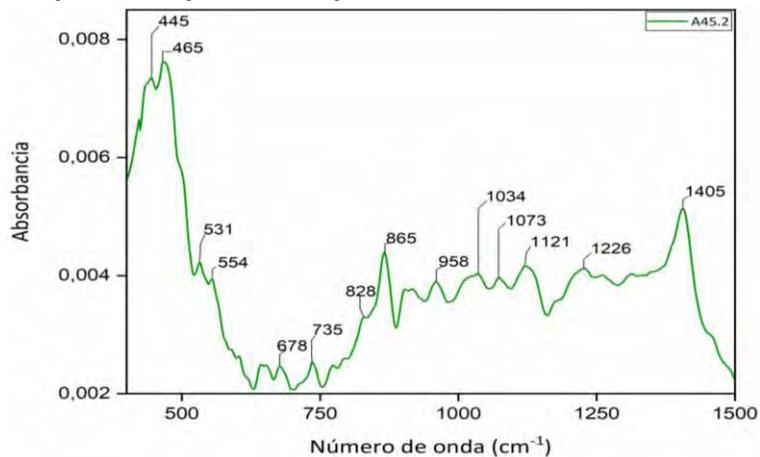
Els. químicos relevantes verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



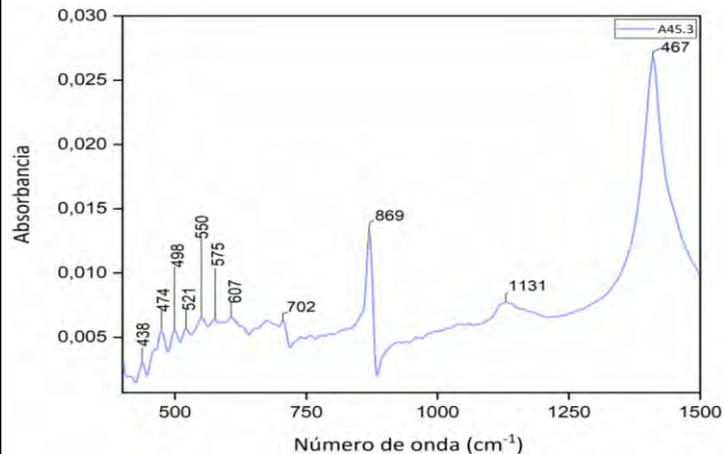
Óxidos de hierro: 467, 531; calcita: 867, 1407; caolinita: 422, 902, 1003, 1030 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



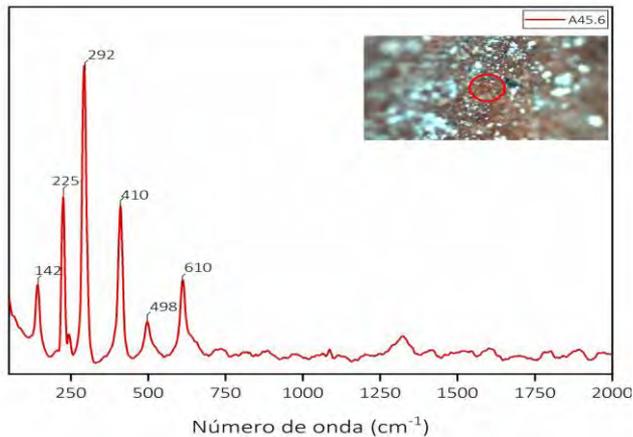
Óxidos de hierro: 465,531; **malaquita:** 554, 735, 828; **calcita:** 865, 1405 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



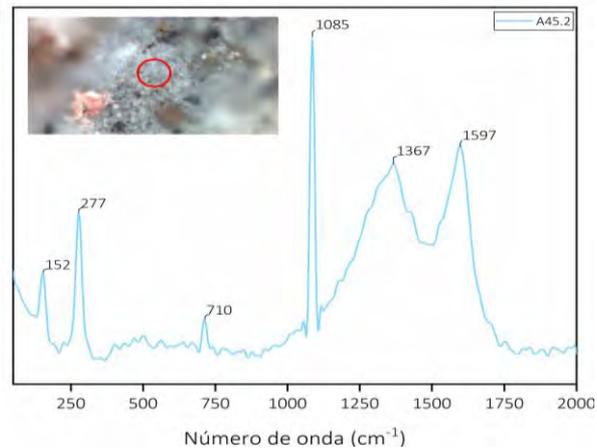
Calcita: 702, 869, 1409 cm^{-1}

Espectroscopía (50X) Raman rojo



Hematita: 225, 292, 410, 610 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) gris azulad

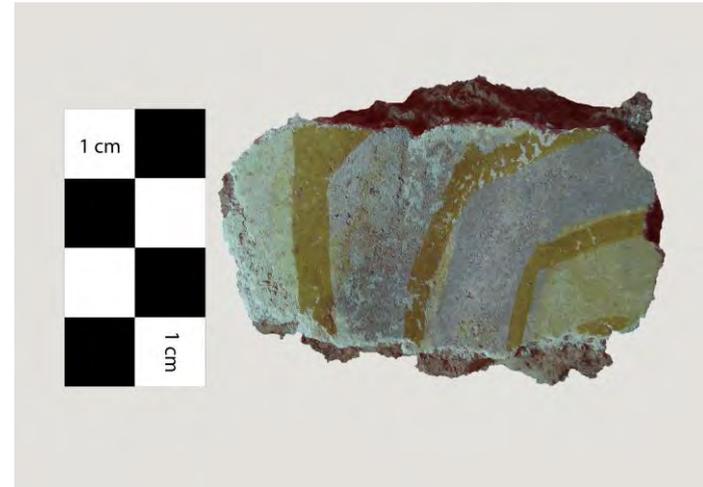


Calcita: 152, 277, 710, 1085; **carbón:** 1367, 1597 cm^{-1}

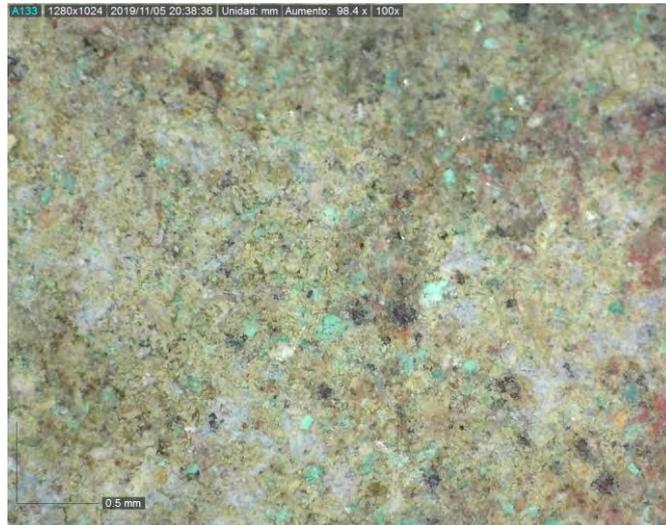
Muestra A47



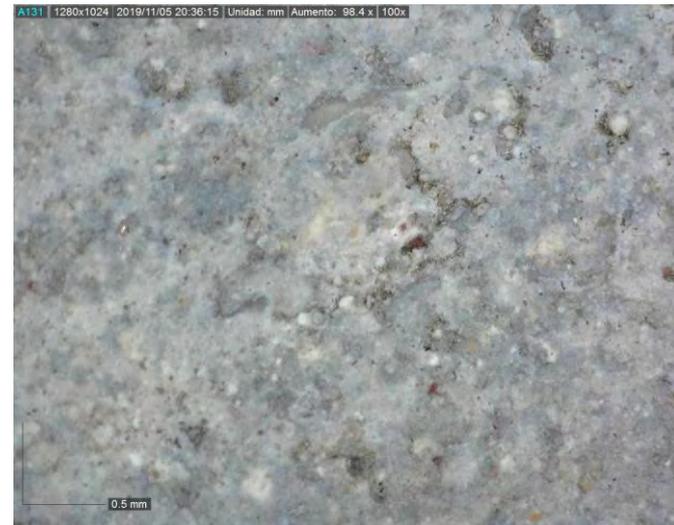
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



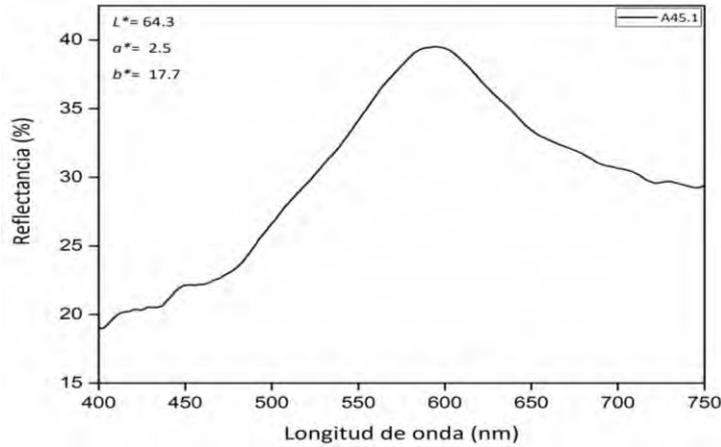
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

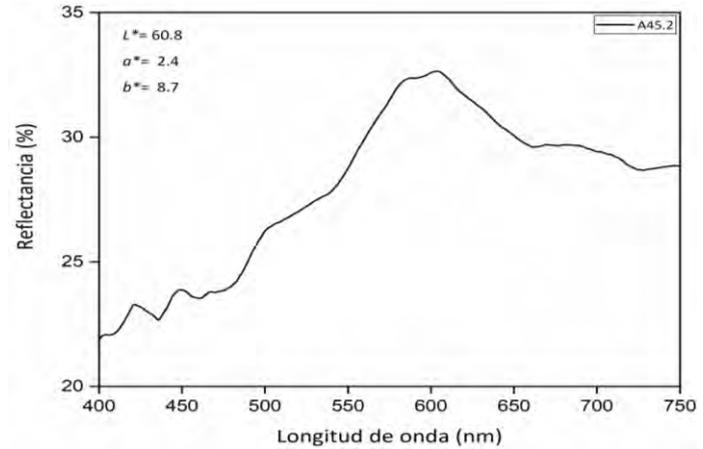


Espectrocolorimetría RUBY (verde)

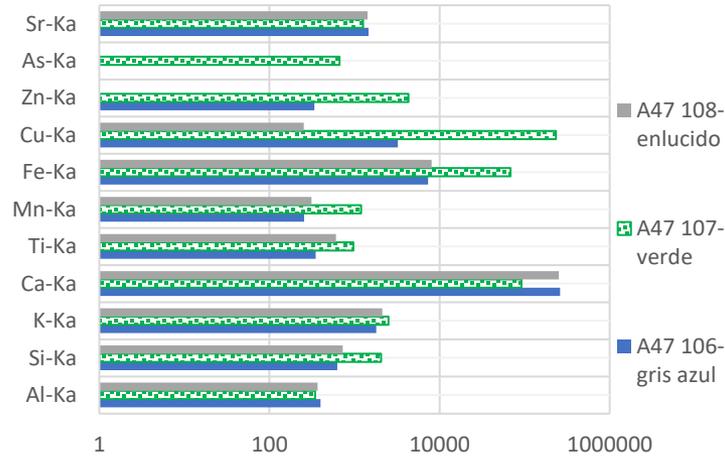


Maxs. de reflectancia: 595nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)

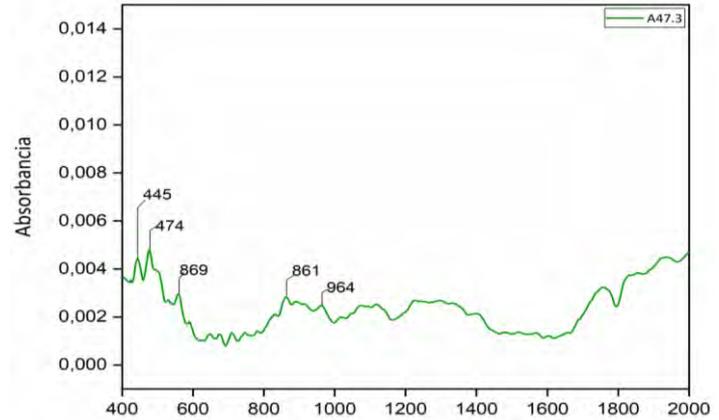


Fluorescencia de Rayos X

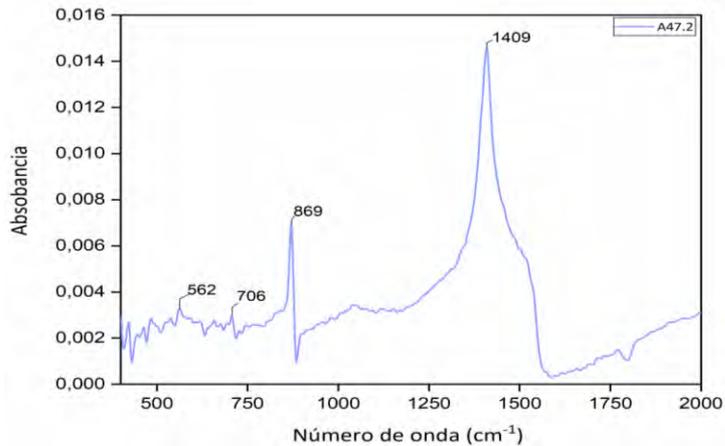


Els. químicos relevantes verde: Cu, As, Zn, gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja

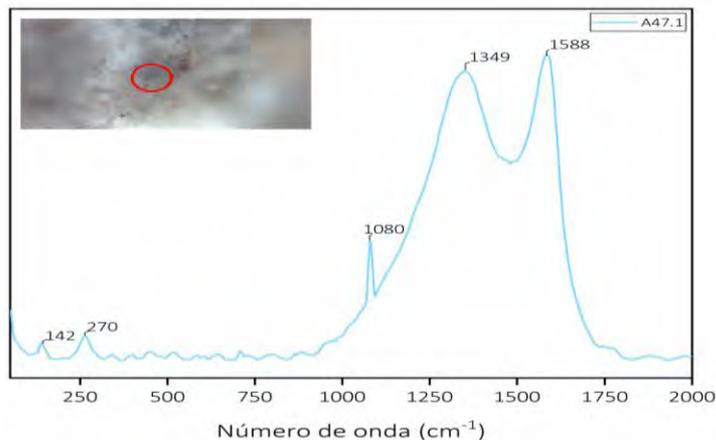


Espectroscopía Infrarroja



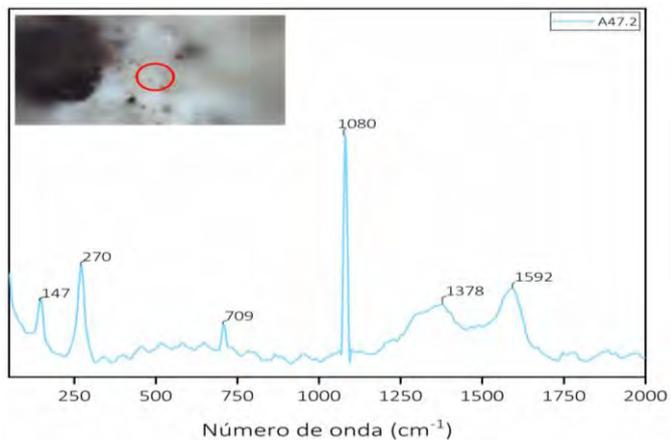
Calcita: 706, 869, 1409 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz pigmento gris azulado



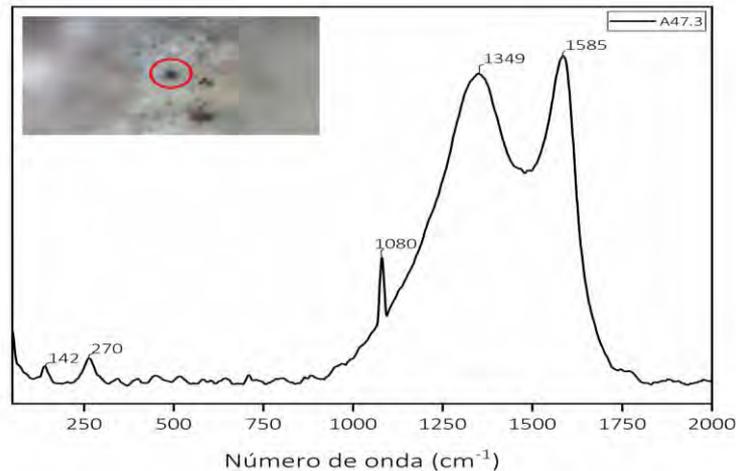
Calcita: 142, 270, 1080, **carbón:** 1349, 1588 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz pigmento gris azulado



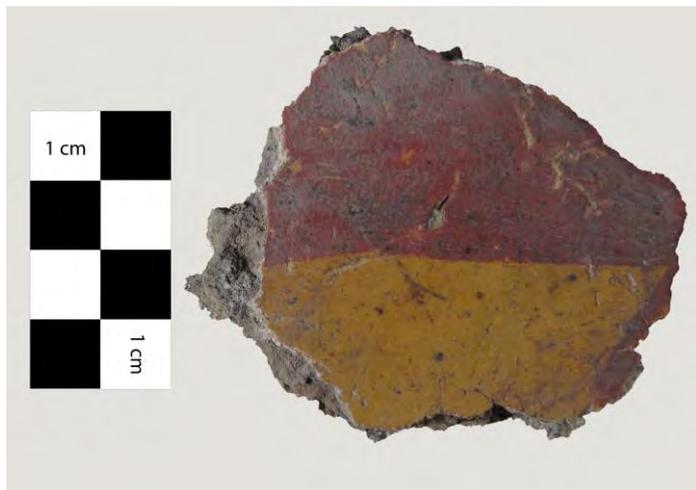
Calcita: 147, 270, 709, 1080; **carbón:** 1378, 1592 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. negra en pigmento gris azulado

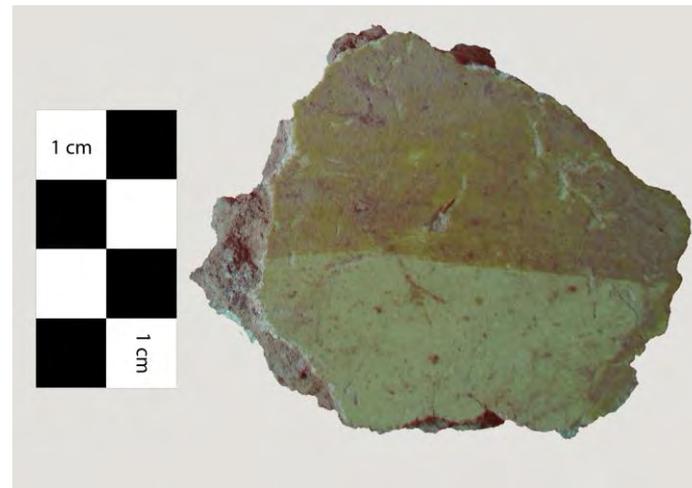


Carbón: 1349, 1585; **calcita:** 152, 277, 710, 1085; cm⁻¹

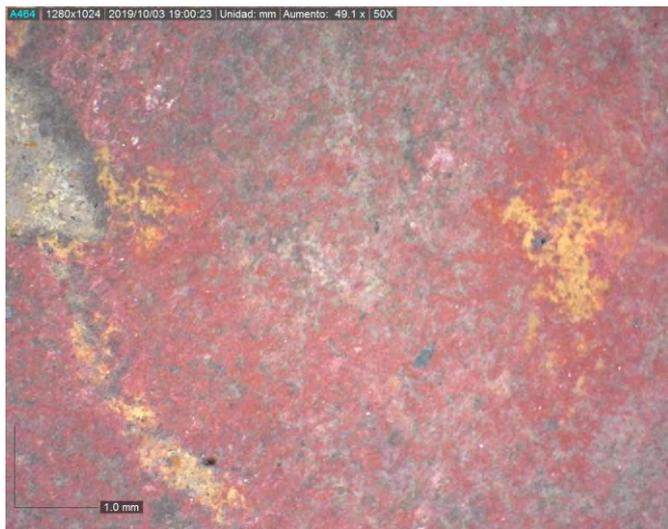
Muestra A48



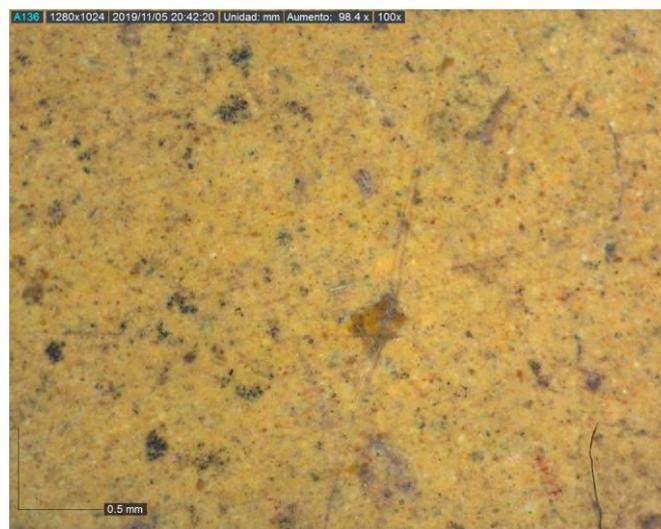
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



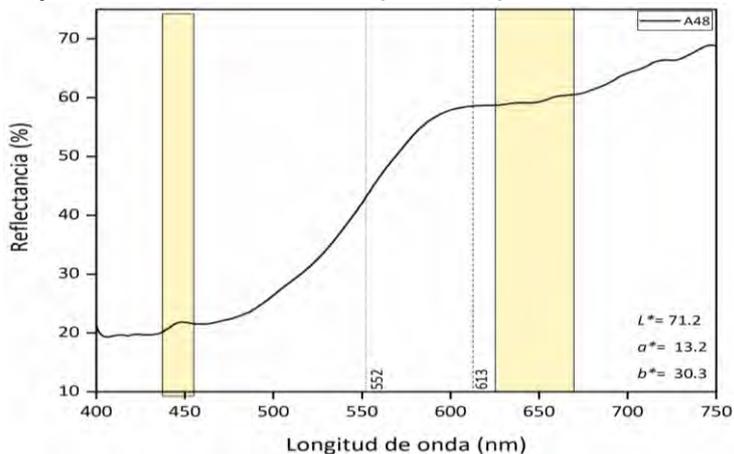
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

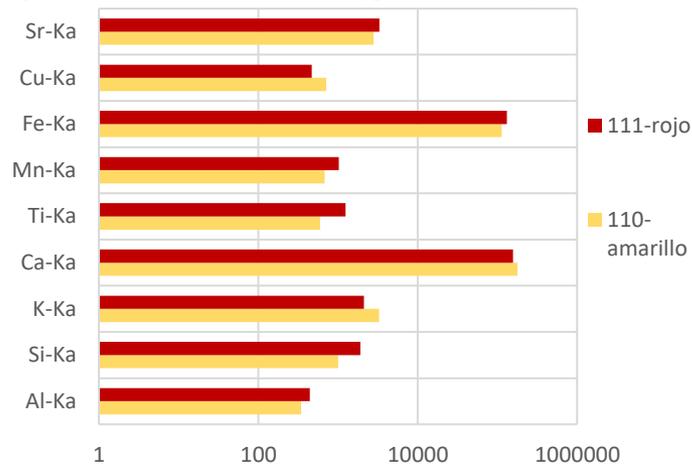


Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



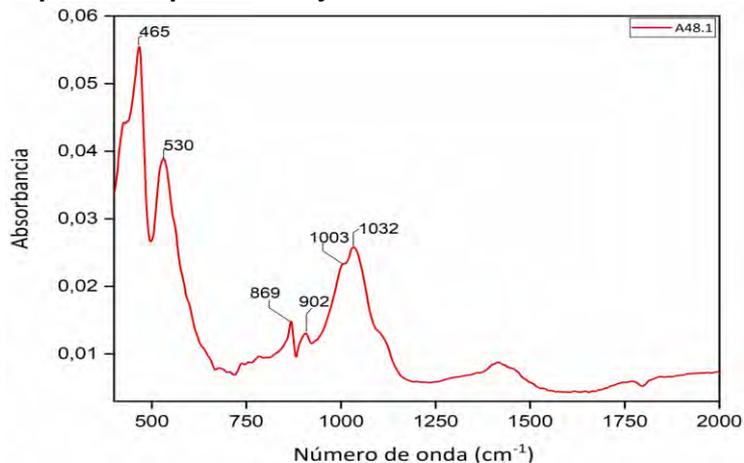
Pto. de inflexión: 562 nm; **Máxs. de reflectancia:** 613, 745 nm; **banda absorción:** \pm 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



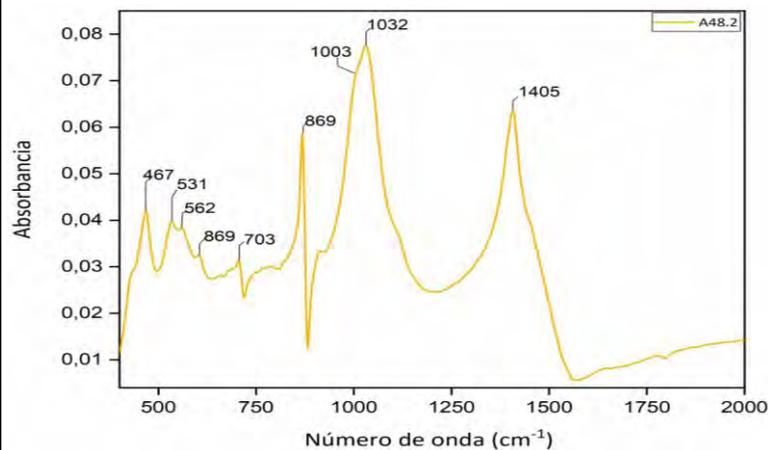
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Si, Al; **amarillo:** Fe, Ca, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



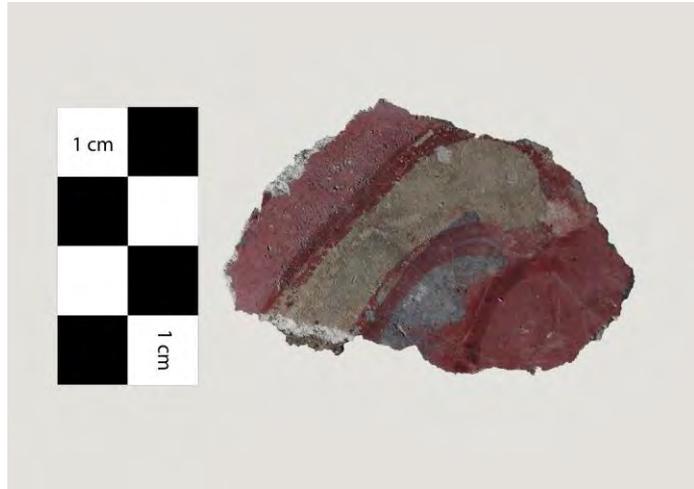
Óxidos de hierro: 465, 530; **calcita:** 869, 1405; **caolinita:** 423, 902, 1003, 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja

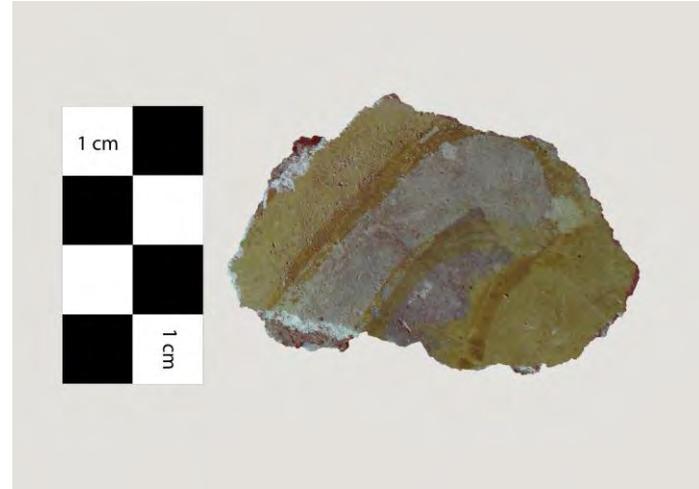


Óxidos de hierro: 467, 531, 562; **calcita:** 703, 869, 1405; **aluminosilicato:** 1003, 1032 cm^{-1}

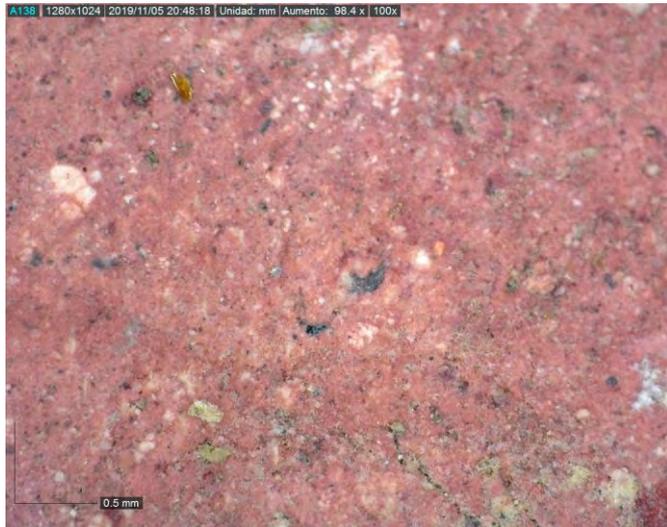
Muestra A50



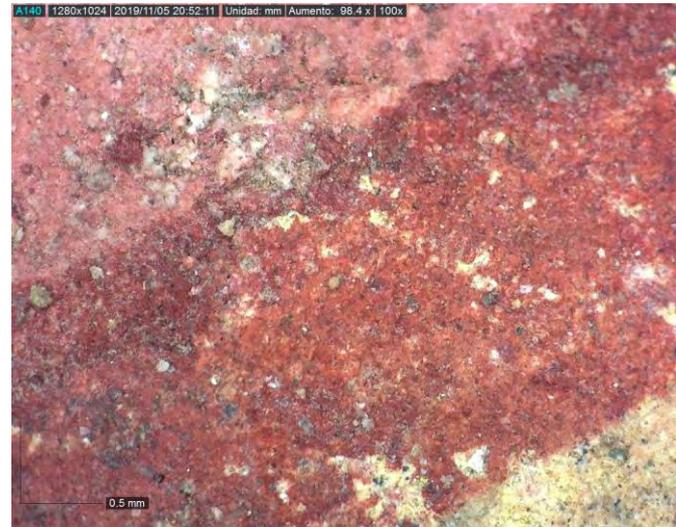
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



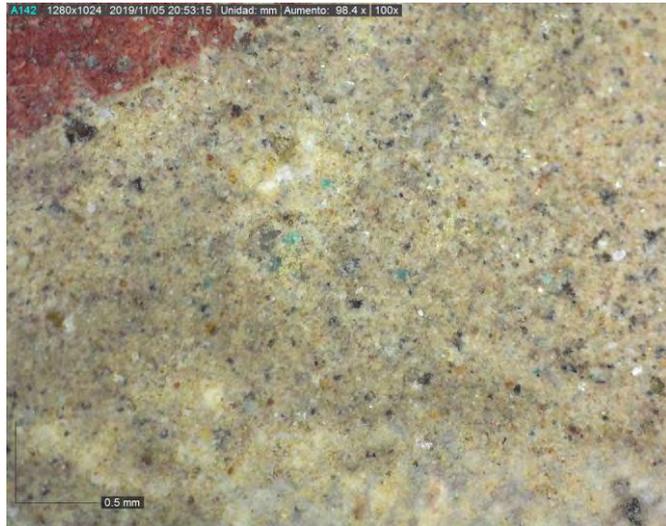
Microscopía óptica 100X



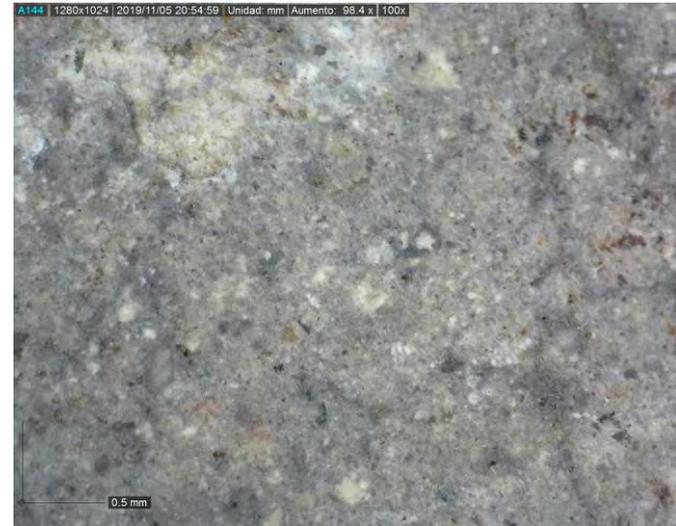
Microscopía óptica 100X



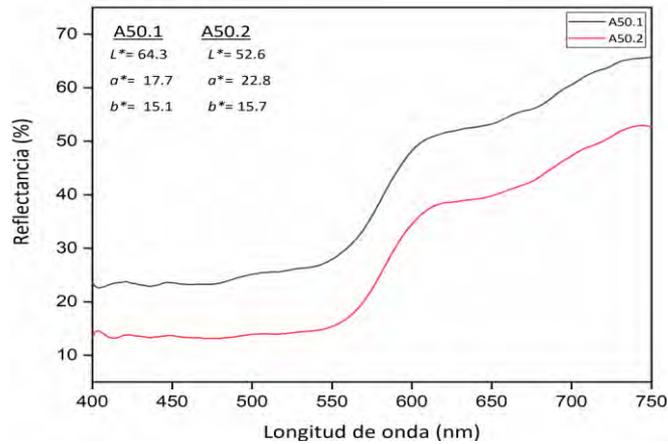
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

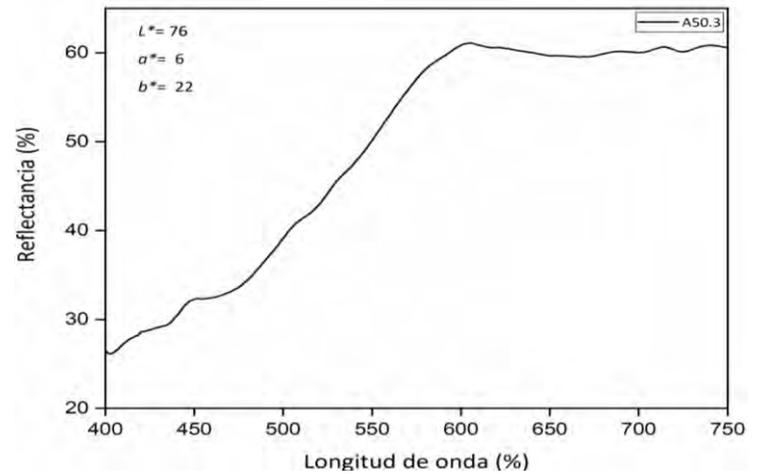


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



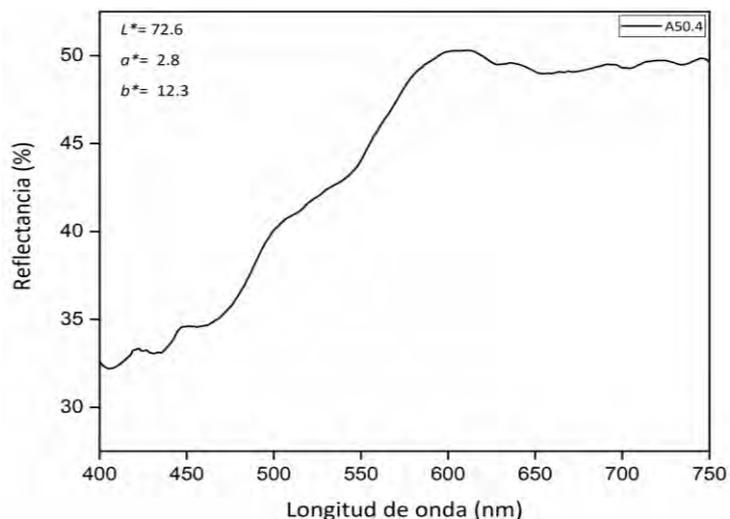
Pto. de inflexión: 582 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)

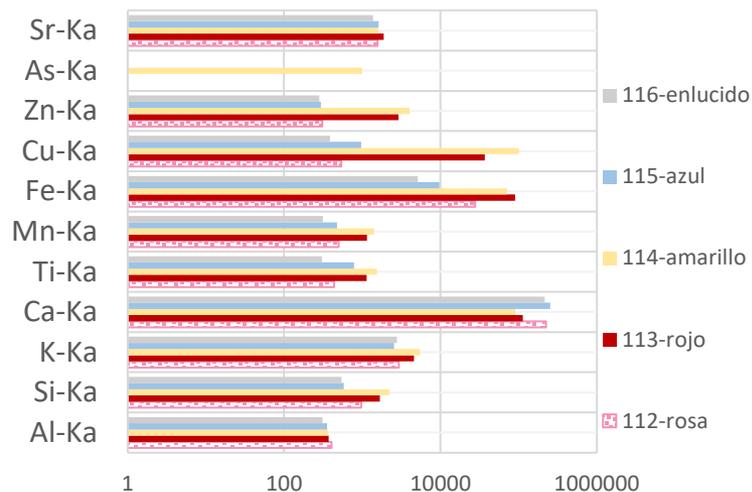


Máxs. de reflectancia: 613nm; **banda absorción:** ± 650;
Shoulder: 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azul)

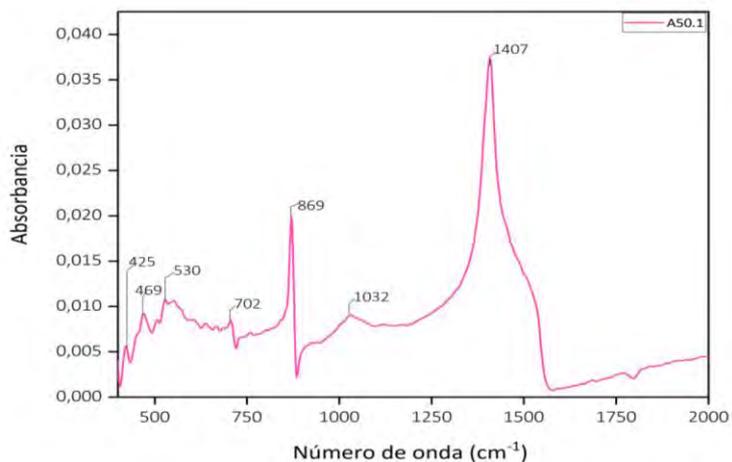


Fluorescencia de Rayos X



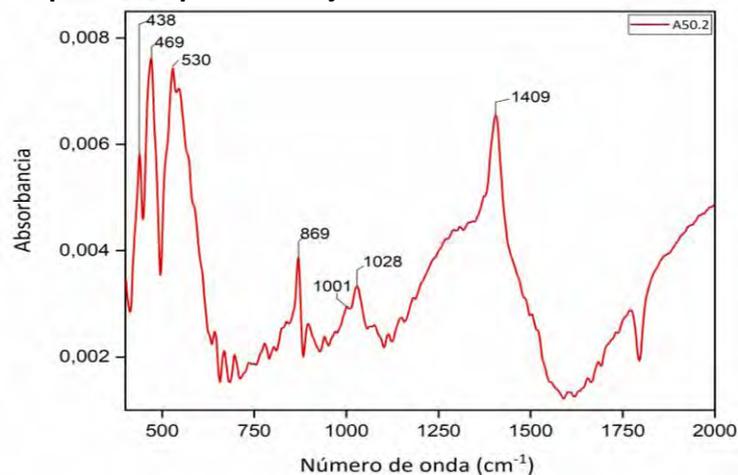
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca, Si, Al, K; amarillo: Fe, Si, Al, K; gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



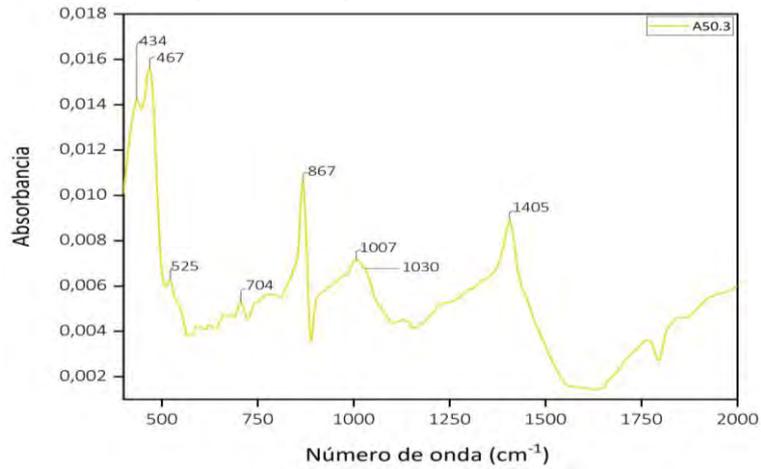
Óxidos de hierro: 469, 530; calcita: 702, 869, 1407; aluminosilicato: 425, 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



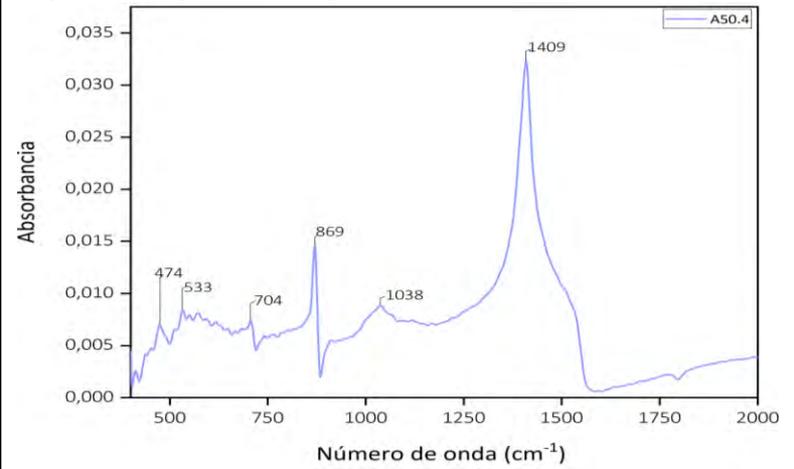
Óxidos de hierro: 469, 530; calcita: 869, 1409; aluminosilicato: 438, 1001, 1028 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



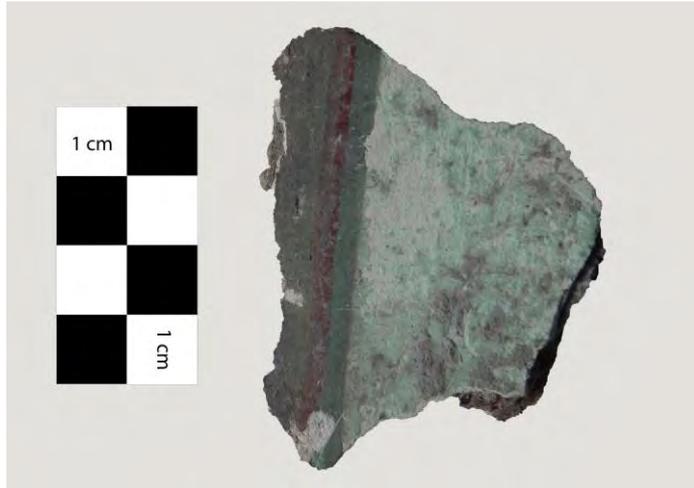
Óxidos de hierro: 467, 525; **calcita:** 704, 867, 1405;
aluminosilicato: 434, 1007, 1038 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

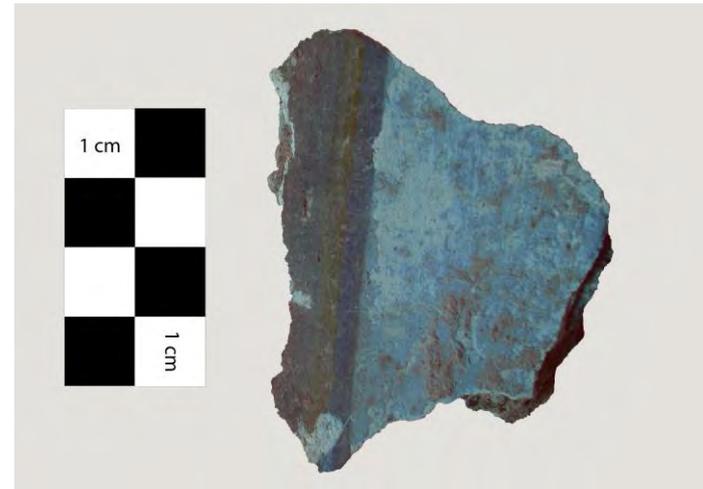


Óxidos de hierro: 474, 533; **calcita:** 704, 869, 1407;
aluminosilicato: 1038 cm⁻¹

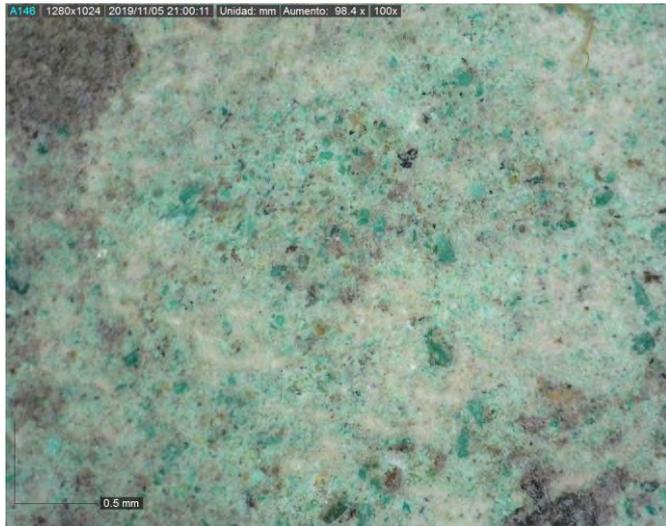
Muestra A52



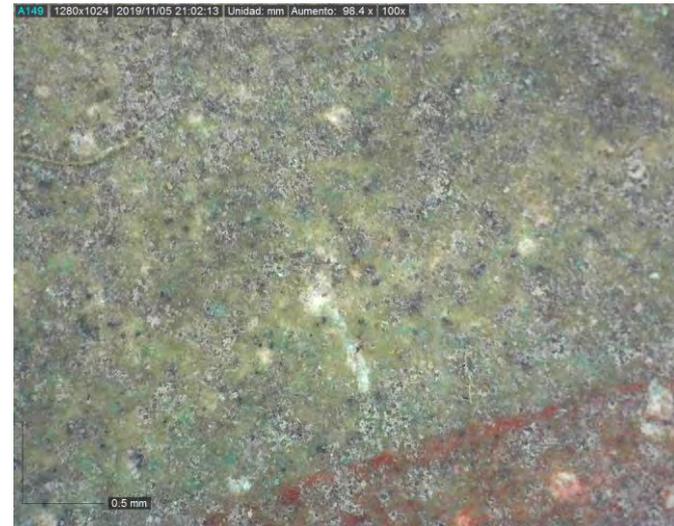
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



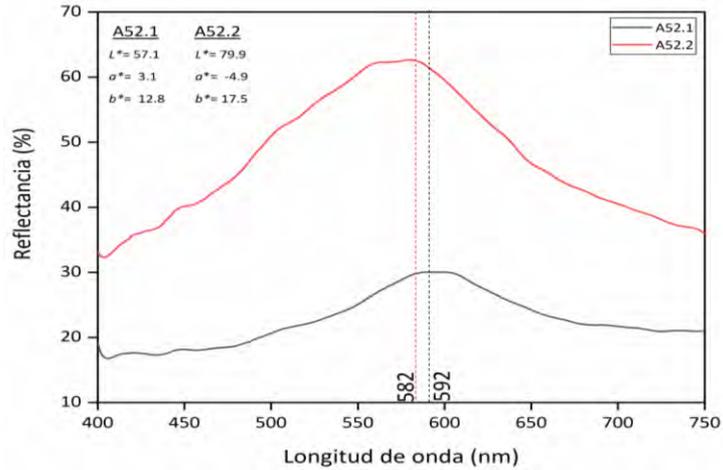
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

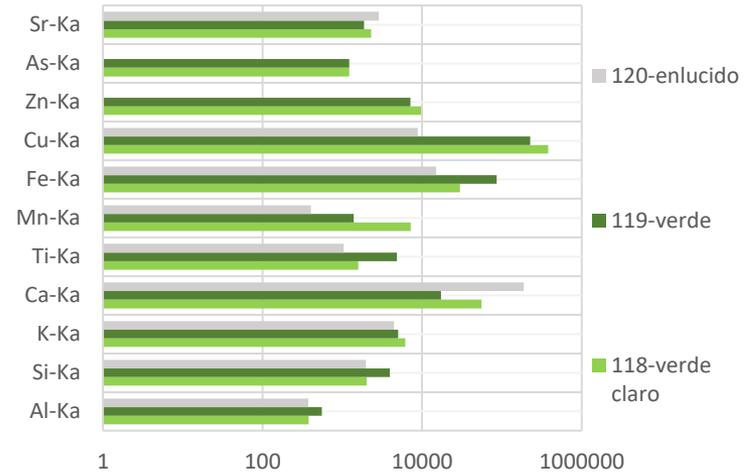


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



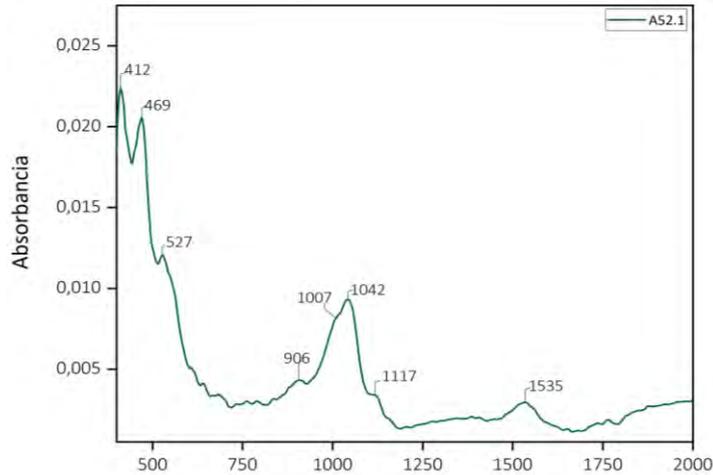
Maxs. de reflectancia: 582-592nm

Fluorescencia de Rayos X



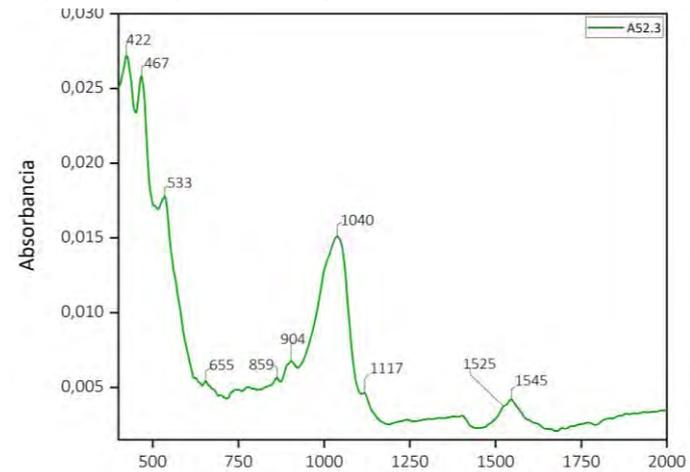
Els. químicos relevantes verde: Cu, As, Zn

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 469; aluminosilicato: 412, 906, 1007, 1117 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

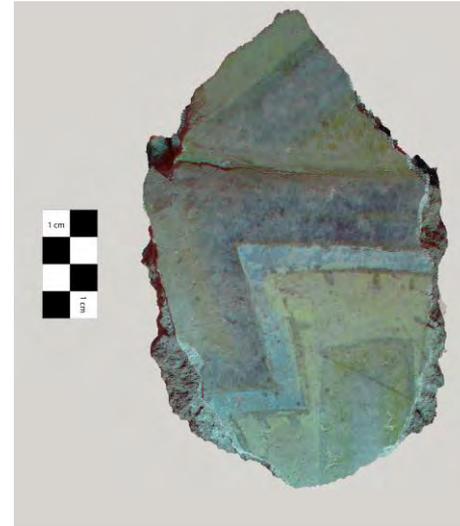


Óxidos de hierro: 467, 533 calcita: 867, 1409; aluminosilicato: 422, 904, 1040, 1117 cm⁻¹

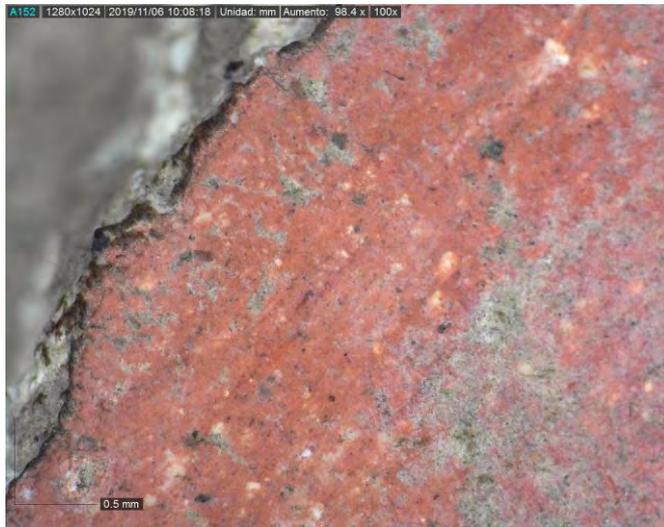
Muestra A53



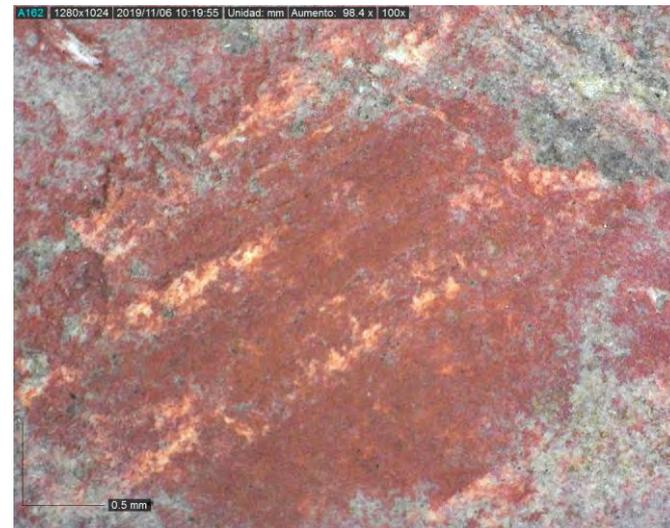
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



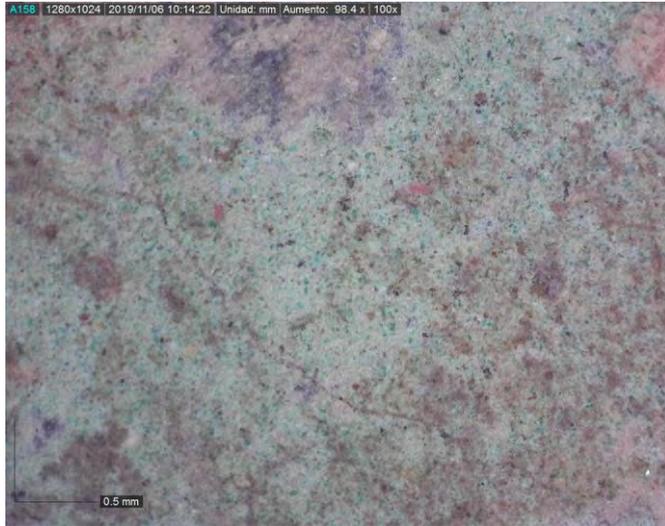
Microscopía óptica 100X



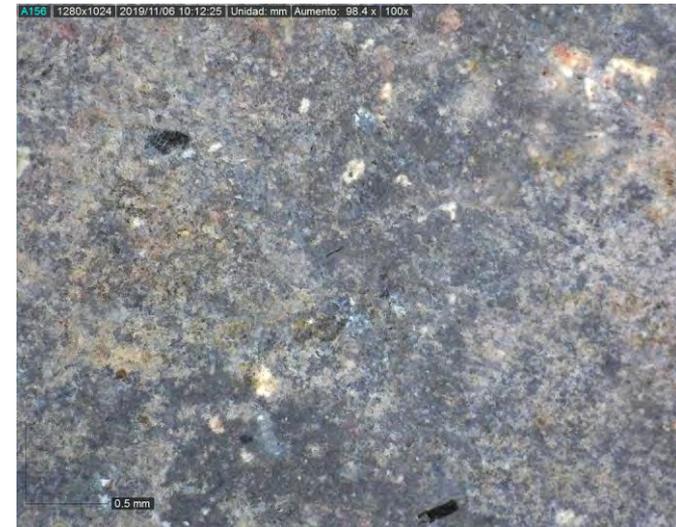
Microscopía óptica 100X



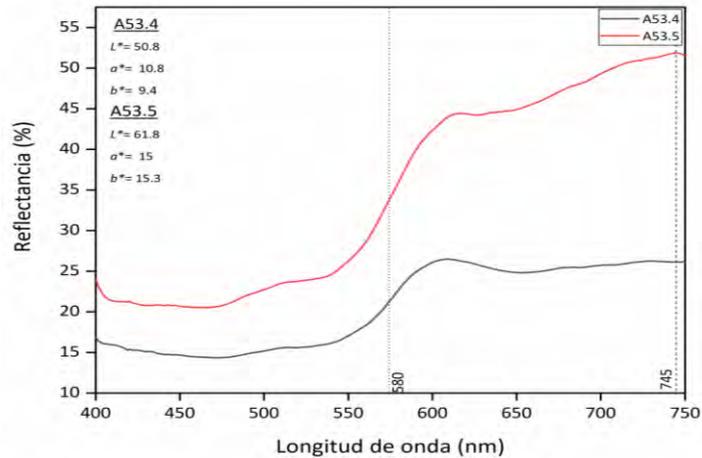
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

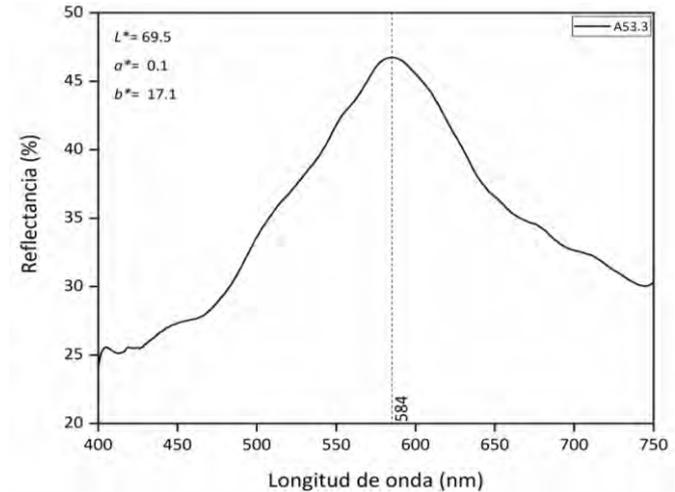


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



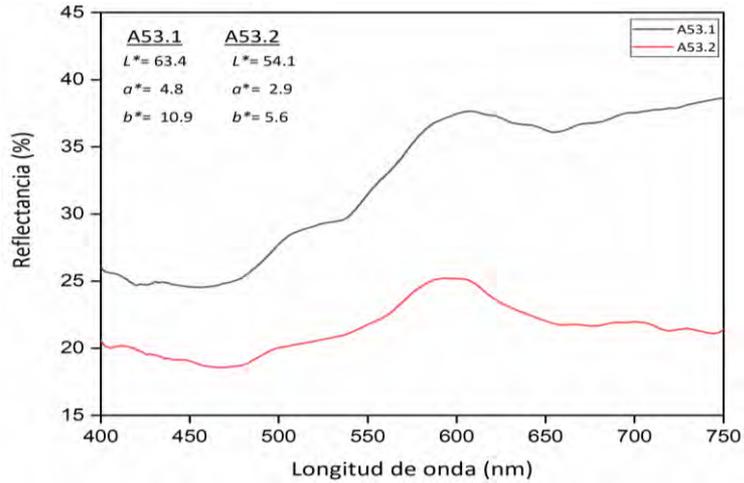
Pto. de inflexión: 580 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
banda absorción: ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (verde)

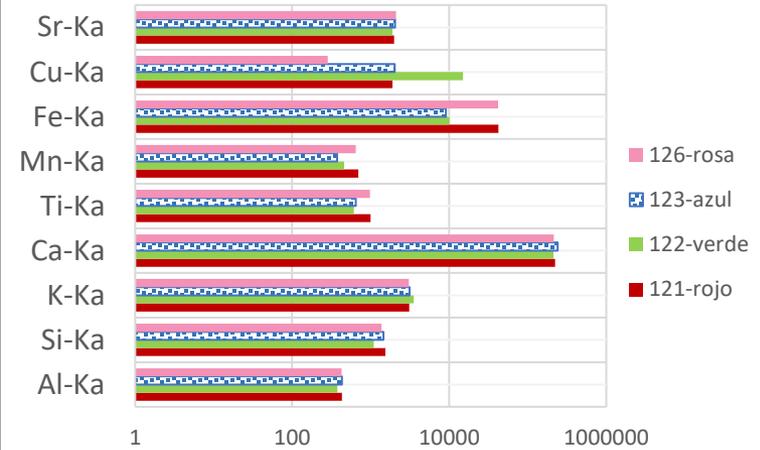


Max. de reflectancia: 584nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)

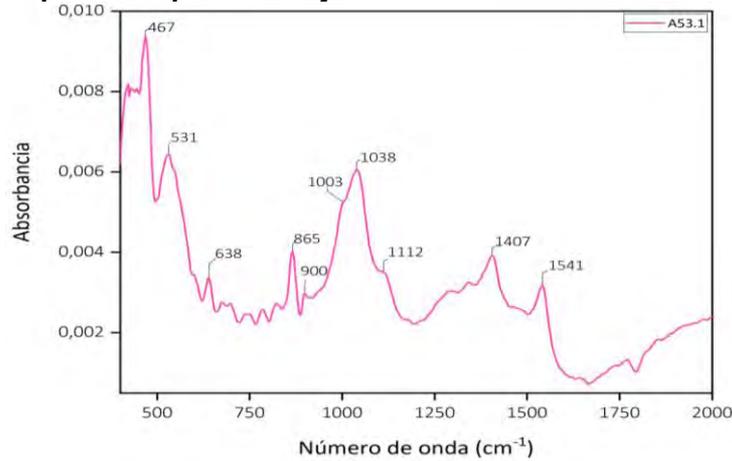


Fluorescencia de Rayos X



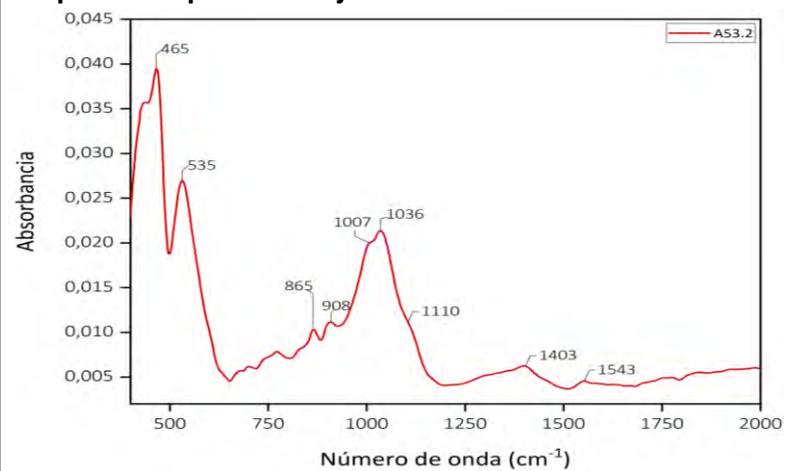
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca, Si, Al, K; verde: Cu
gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



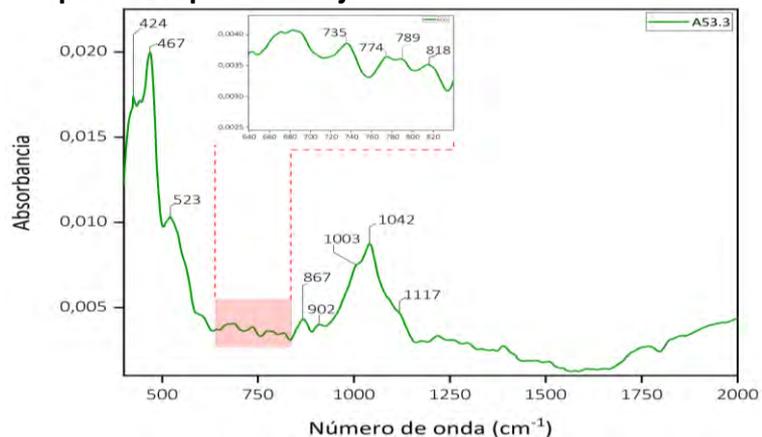
Óxidos de hierro: 467, 531; calcita: 865, 1407, 1541;
aluminosilicato: 425, 1003, 1040 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



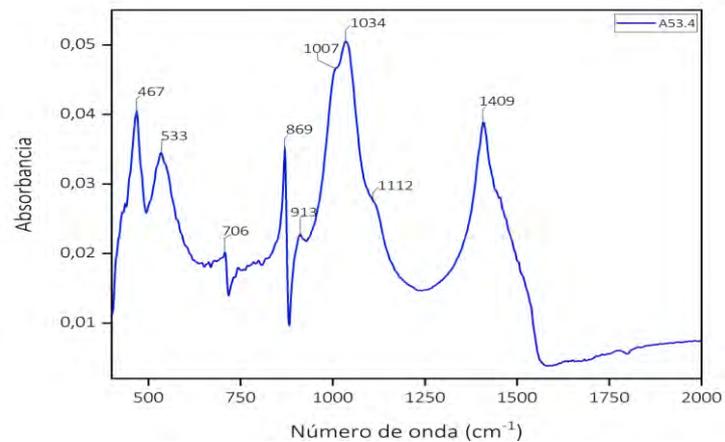
Óxidos de hierro: 469, 530; calcita: 869, 1409;
aluminosilicato: 438, 1001, 1028 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



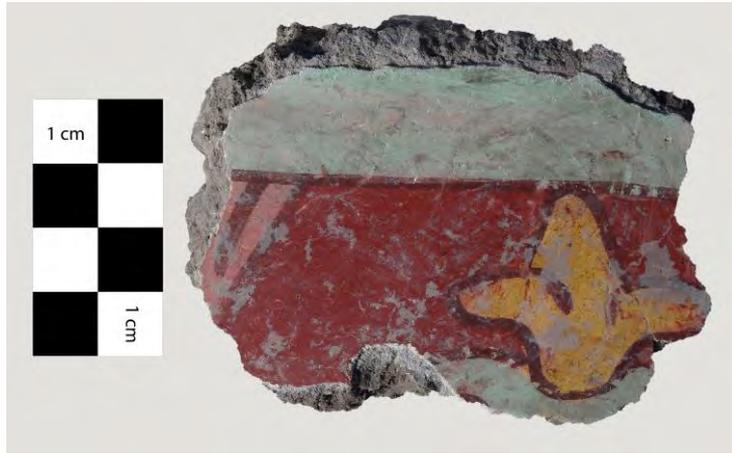
Óxidos de hierro: 467,531; **malaquita:** 523, 735, 774, 789, 818; **carbonatos de calcio:** 867; **aluminosilicato:** 424, 902, 1003, 1042, 1117cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

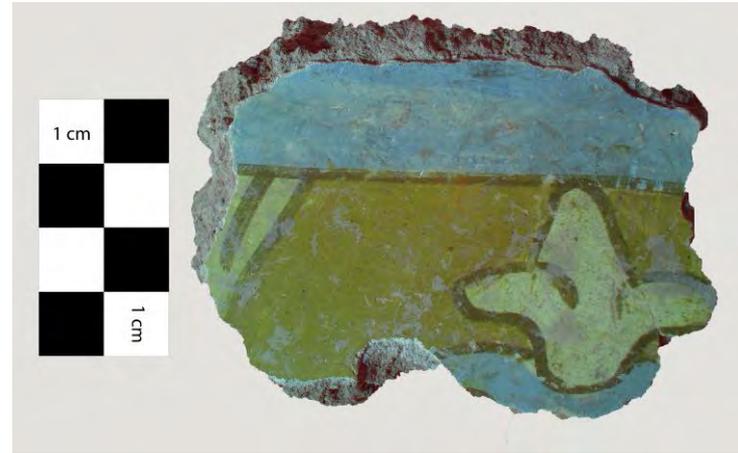


Óxidos de hierro: 467,533; **calcita:** 706, 869, 1409; **caolinita:** 913, 1007, 1034, 1112cm⁻¹

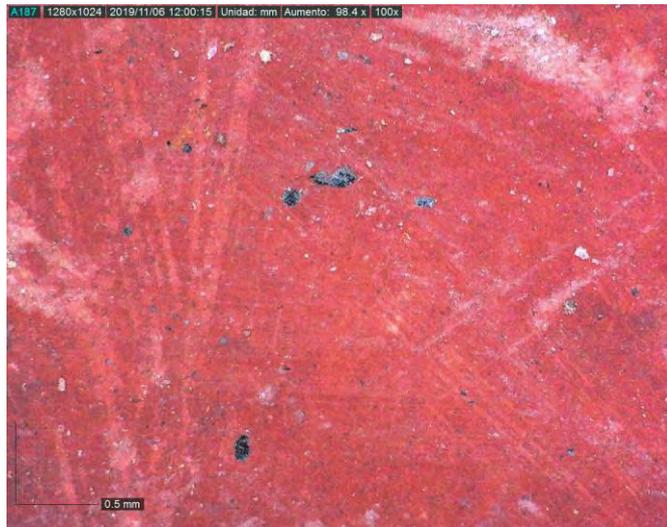
Muestra A55



Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



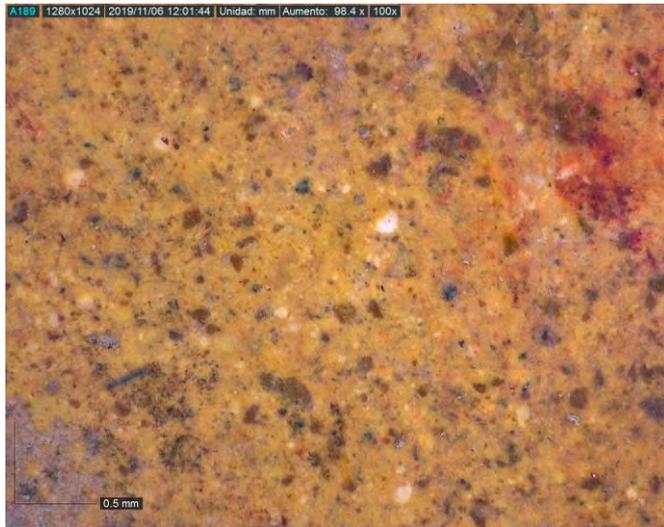
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X



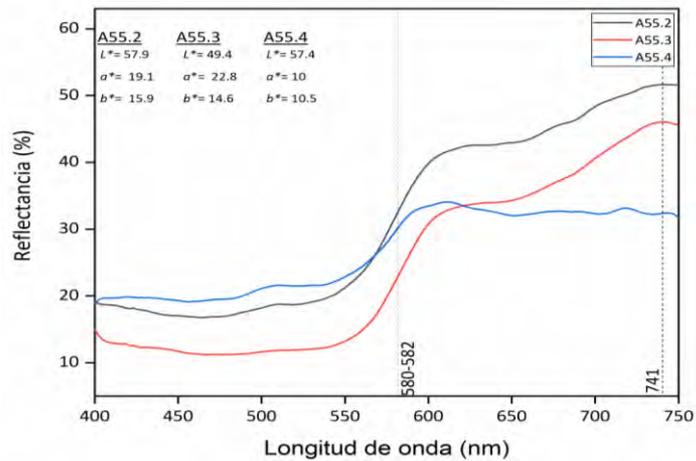
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

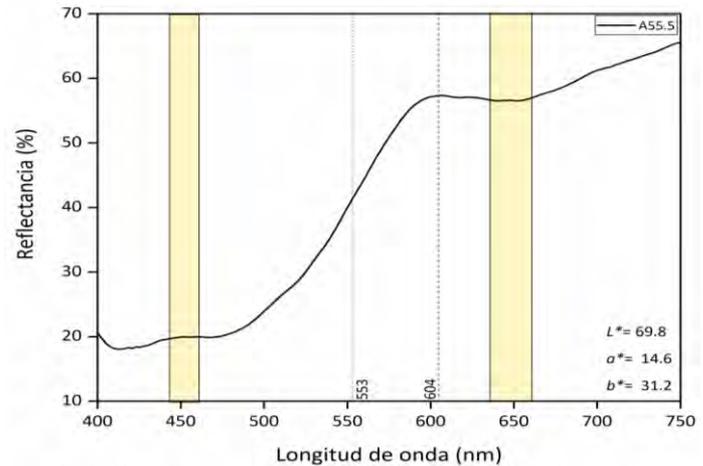


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



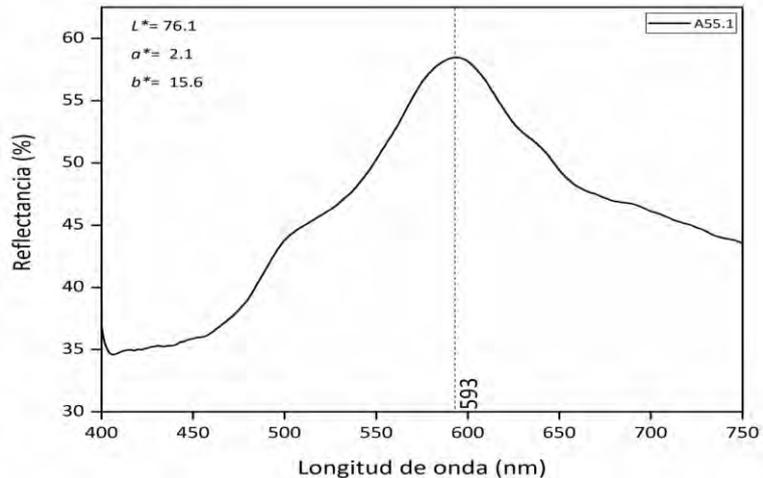
Pto. de inflexión: 580-582 nm; **Máx. de reflectancia:** 741 nm; **banda absorción:** ± 490

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



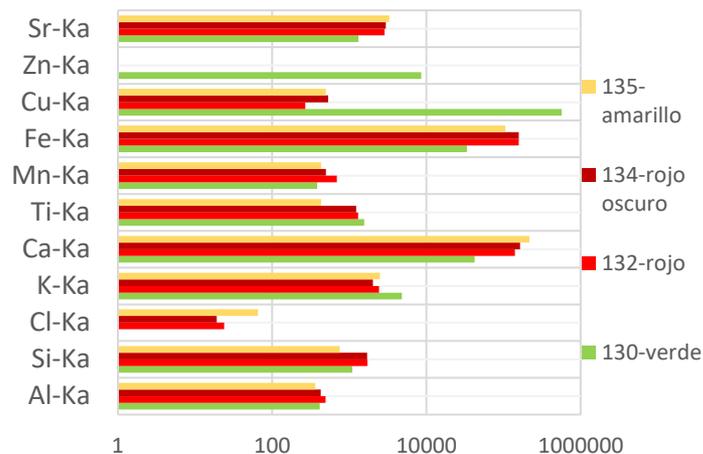
Pto. de inflexión: 553 nm; **Máx. de reflectancia:** 604 nm; **banda absorción:** ± 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



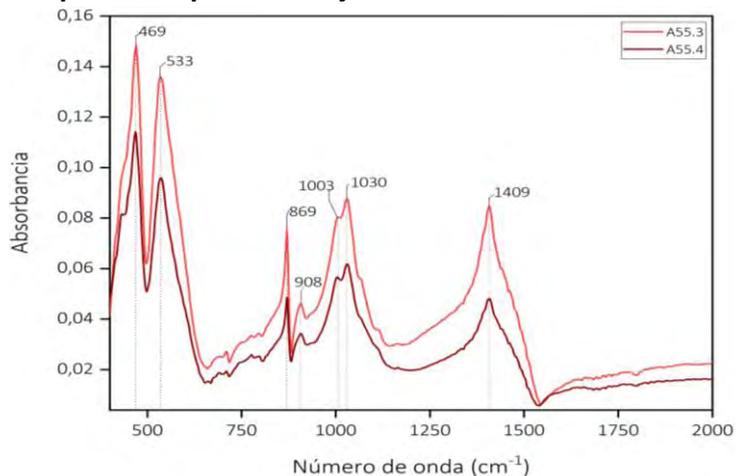
Máx. de reflectancia: 593 nm

Fluorescencia de Rayos X



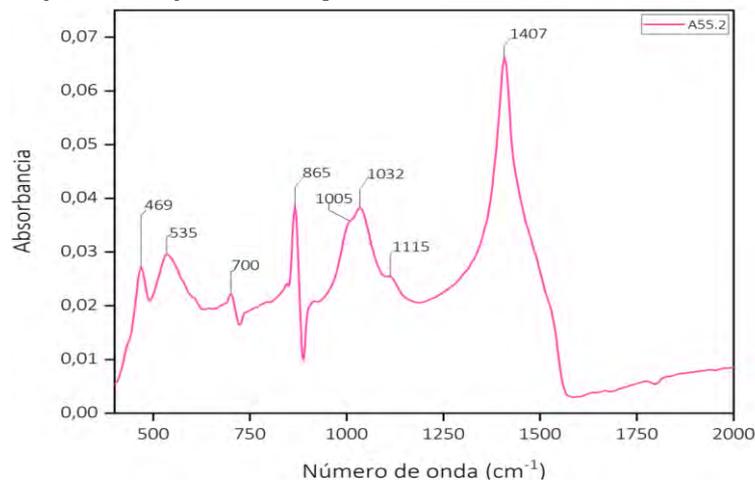
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Si, Al, K; verde: Cu, Zn
 amarillo: Fe, Ca, Al, Si

Espectroscopía Infrarroja



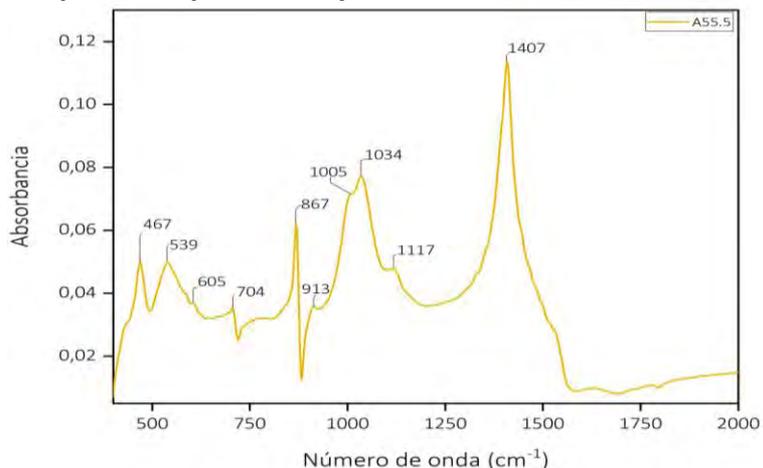
Óxidos de hierro: 469, 533; calcita: 869, 1409; caolinita: 908, 1003, 1030 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



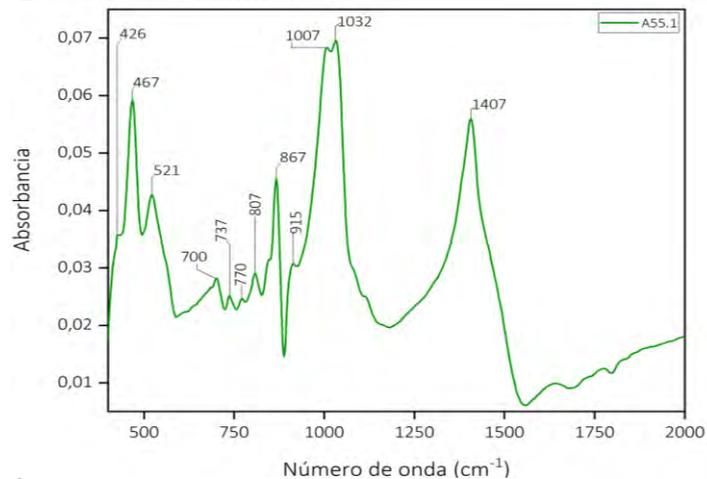
Óxidos de hierro: 469, 535; calcita: 700, 865, 1407;
 aluminosilicato: 1005, 1032, 1115 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



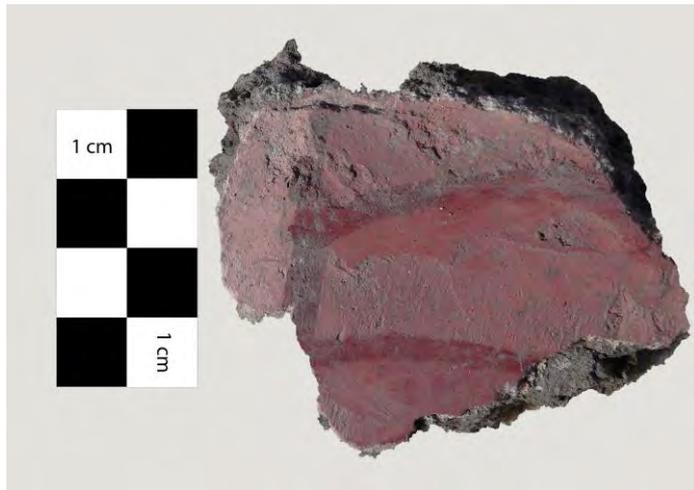
Oxidos de hierro: 467,539, 605; **calcita:** 704, 867, 1407;
caolinita: 913, 1005, 1034, 1117cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

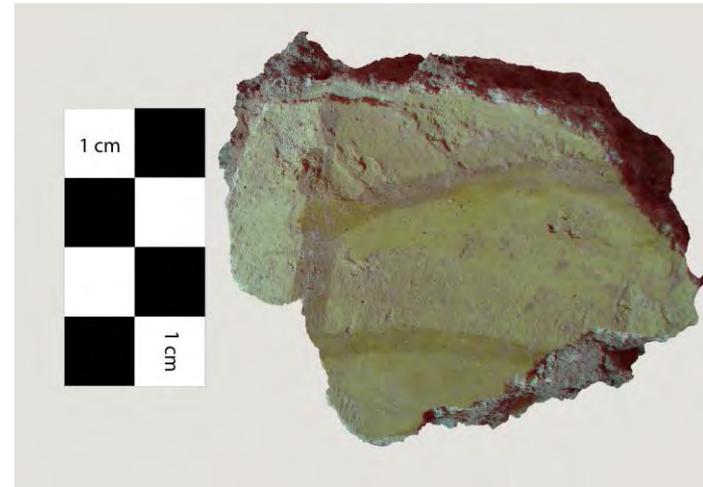


Óxidos de hierro: 467; **malaquita:** 521, 737, 770, 807, 818;
calcita: 700, 867, 1407; **caolinita:** 426, 915, 1007, 1032cm⁻¹

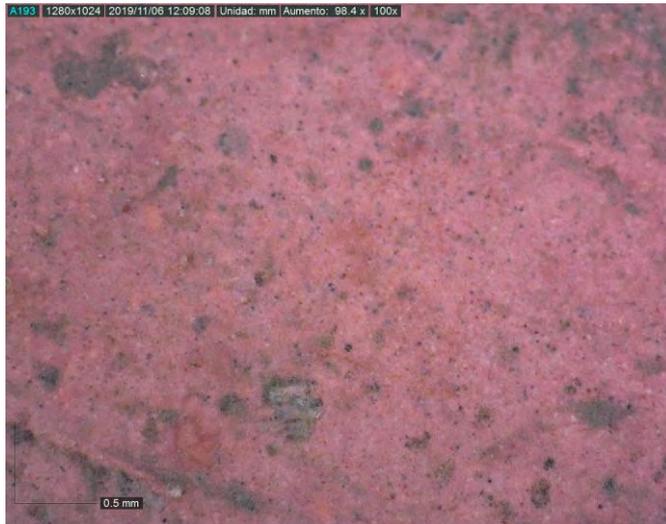
Muestra A56



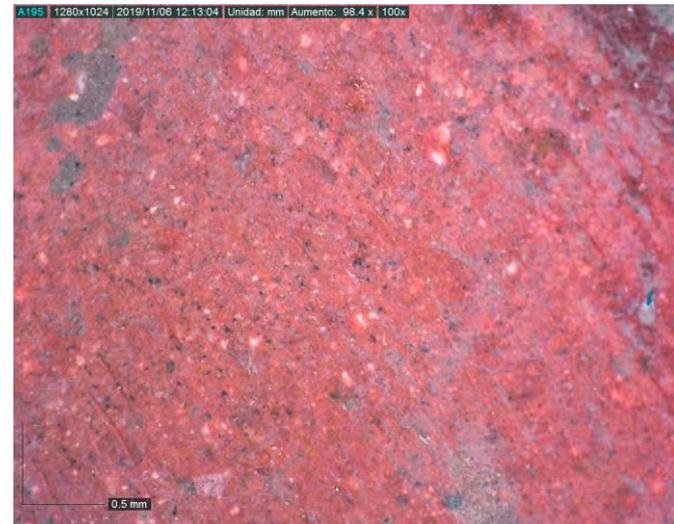
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



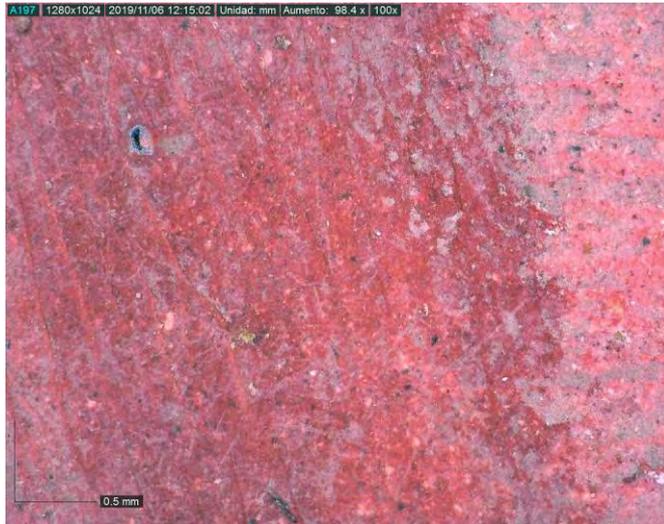
Microscopía óptica 100X



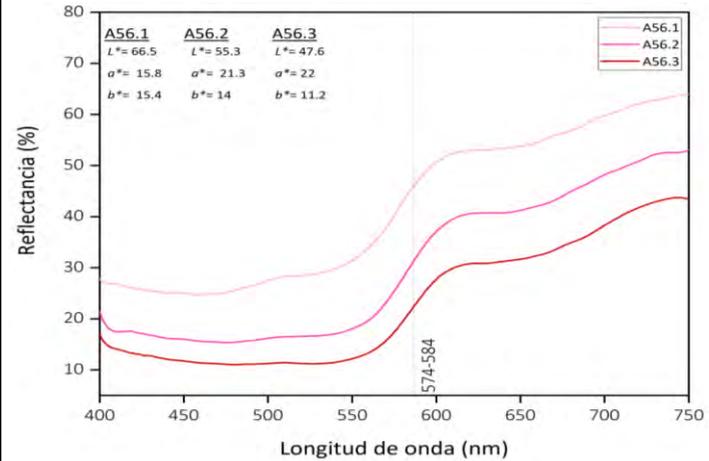
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

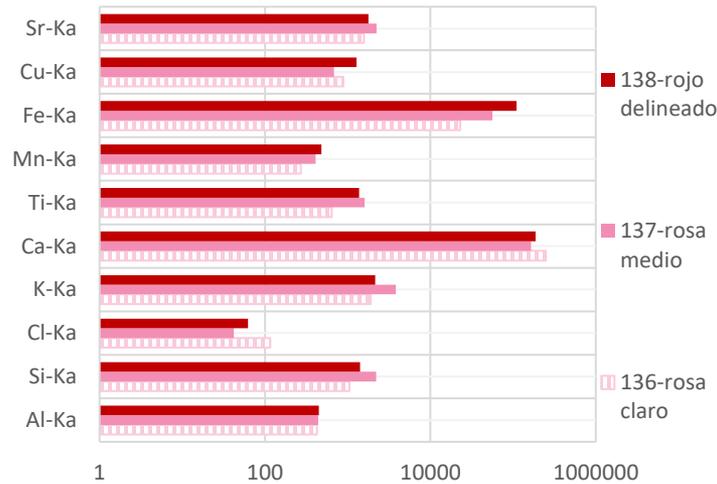


Espectrocolorimetría RUBY (rojo/rosa)



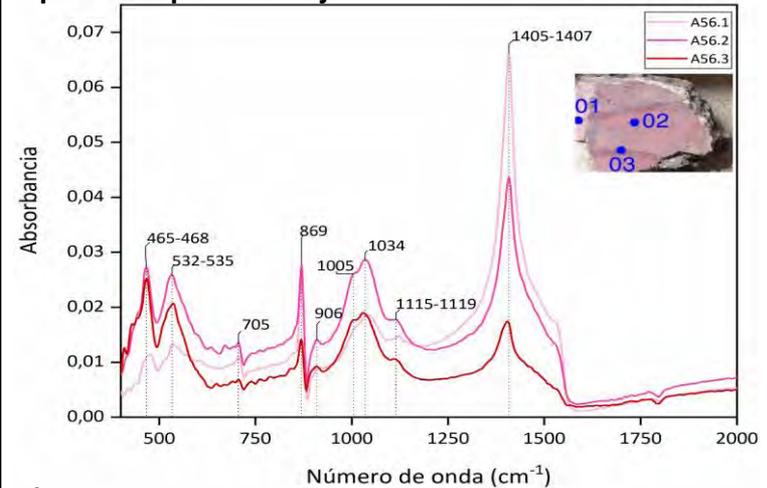
Pto. de inflexión: 574-584 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 490 nm

Fluorescencia de Rayos X



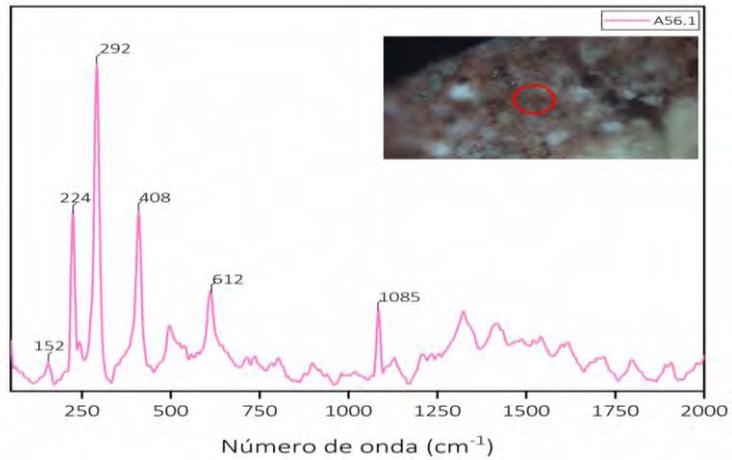
Els. químicos relevantes rojo/rosas: Fe, Ca, Si, Al,

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 465-468, 532-535; **calcita:** 705, 869, 1405-1407; **caolinita:** 906, 1005, 1034, 1115-1119 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz pigmento rosa medio

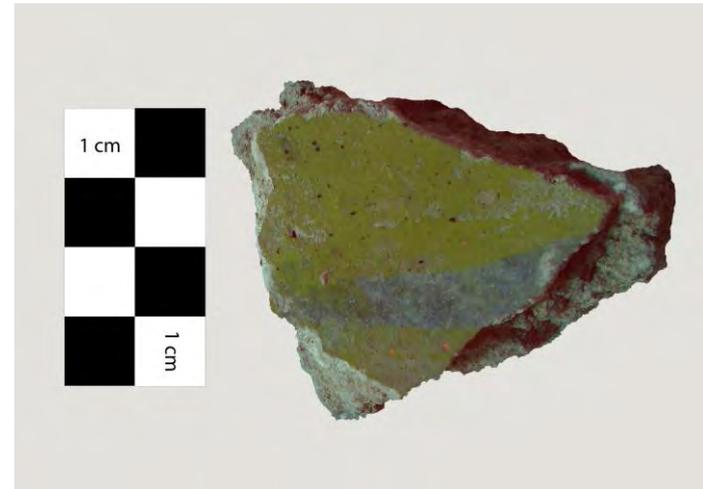


Hematita: 224, 292, 408, 612; **calcita:** 152, 1085 cm⁻¹

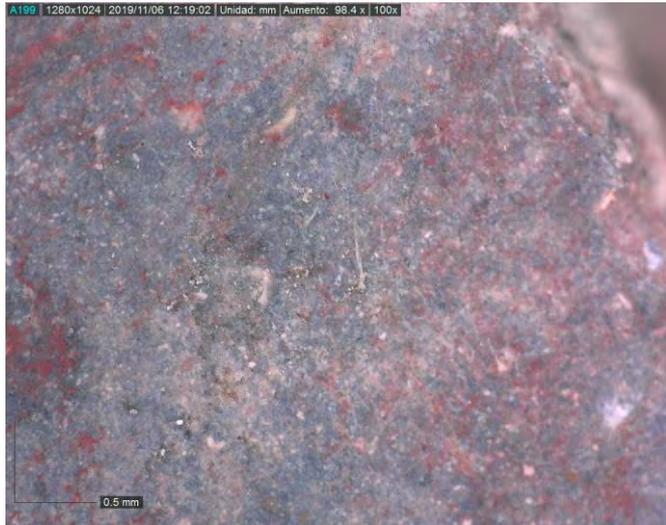
Muestra A58



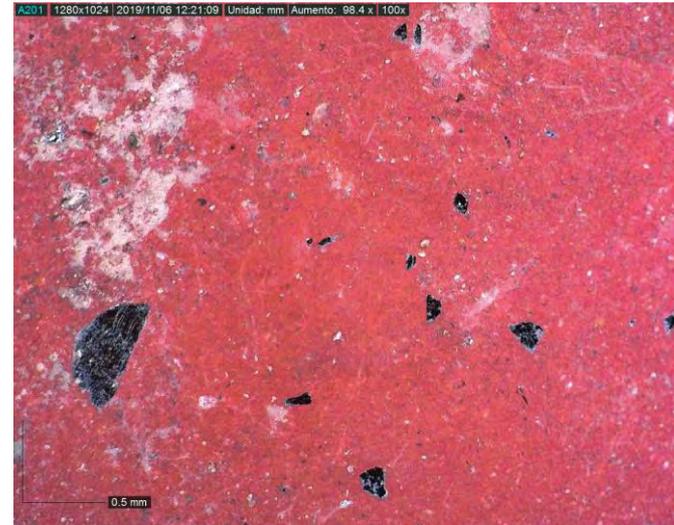
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



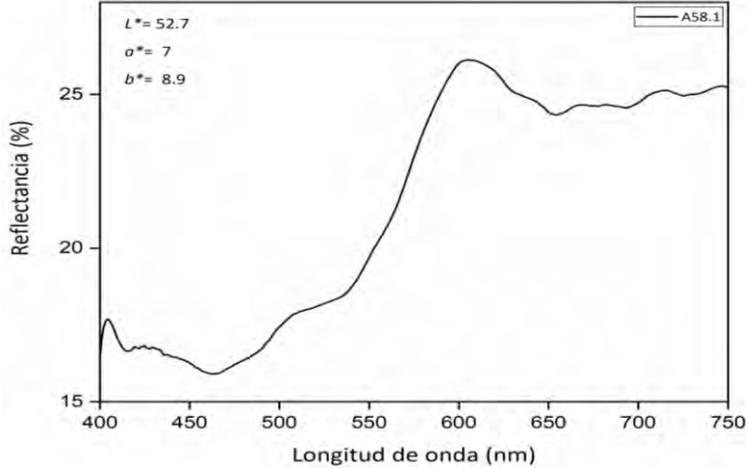
Microscopía óptica 100X



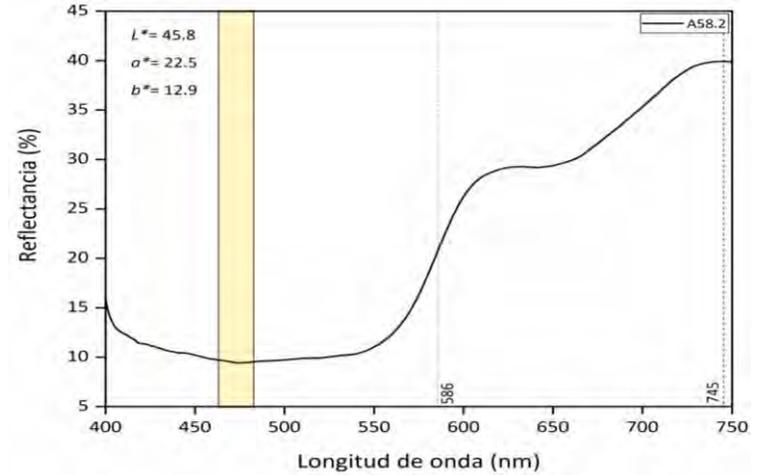
Microscopía óptica 100X



Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)

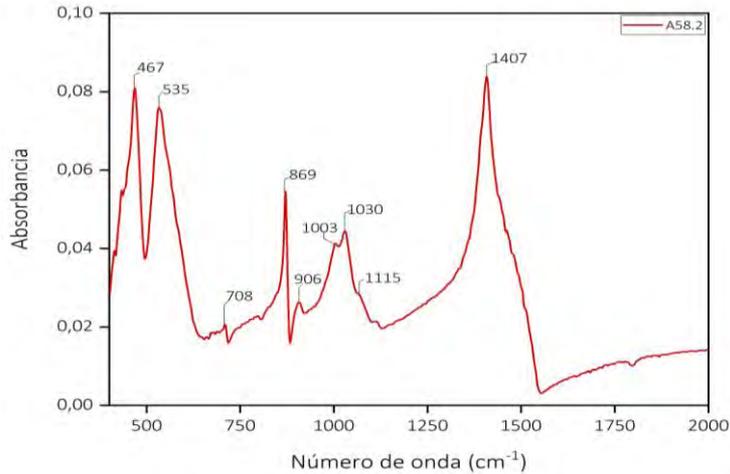


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



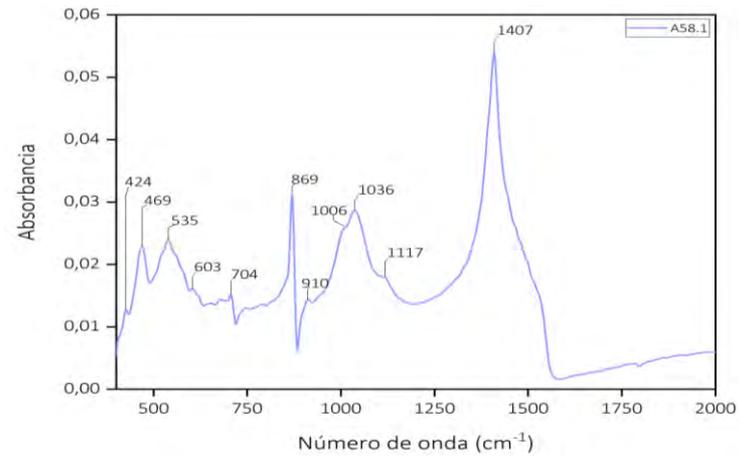
Pto. de inflexión: 586 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
 banda absorción: ± 490 nm

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 467 535; calcita: 708, 869, 1407; caolinita: 906, 1003, 1030, 1115 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja

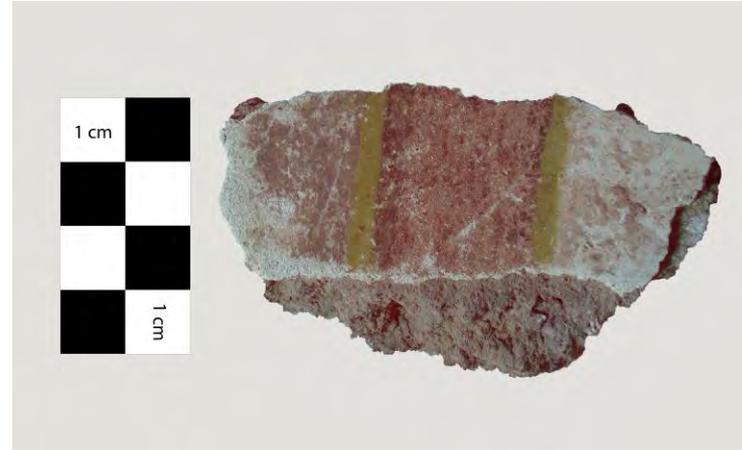


Óxidos de hierro: 469, 535; calcita: 704, 869, 1407; caolinita: 424, 910, 1006, 1036, 1117 cm^{-1}

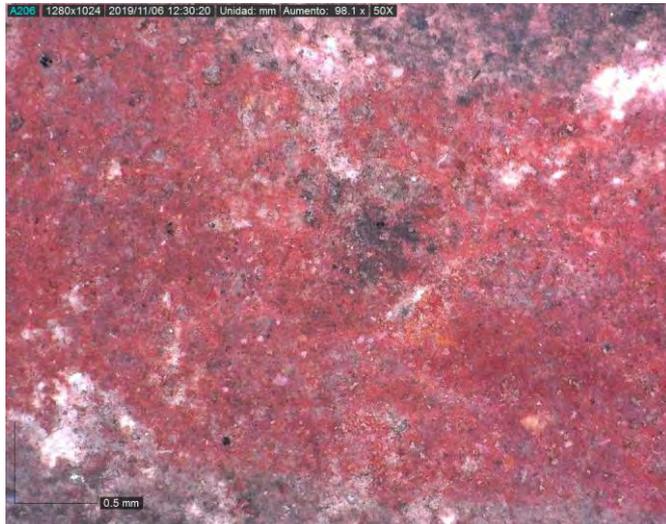
Muestra A59



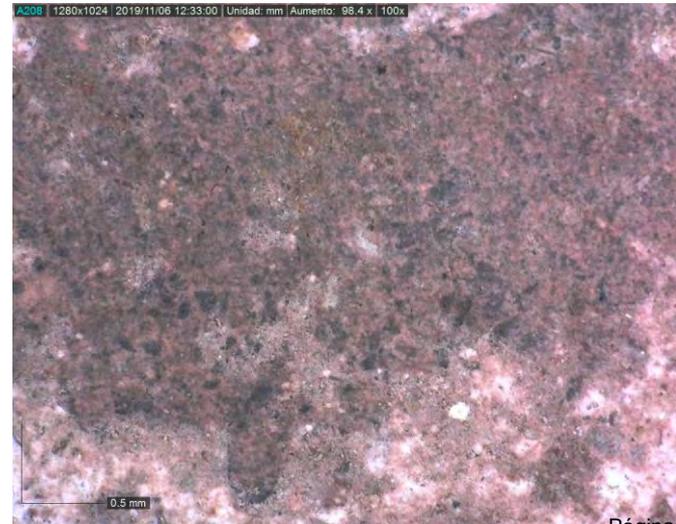
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



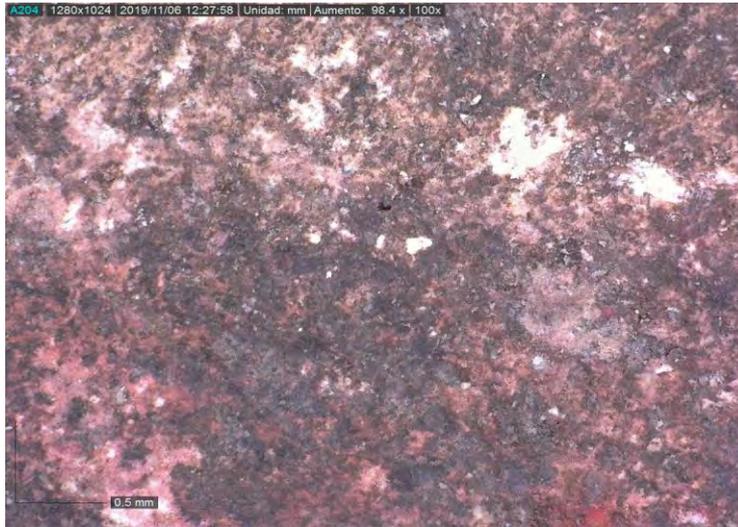
Microscopía óptica 100X



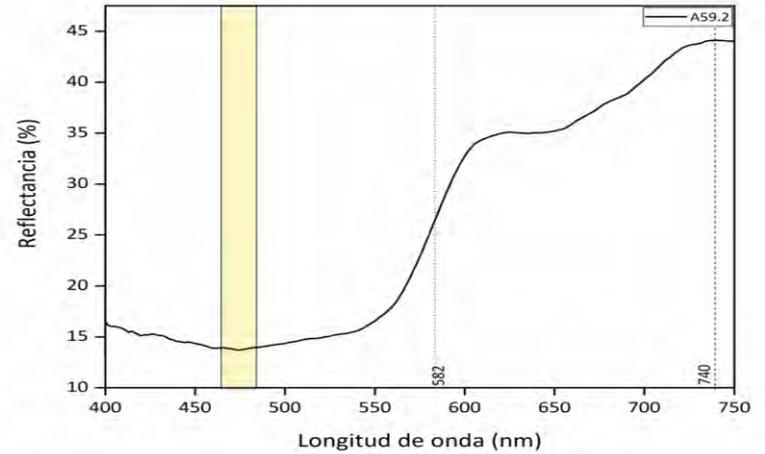
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

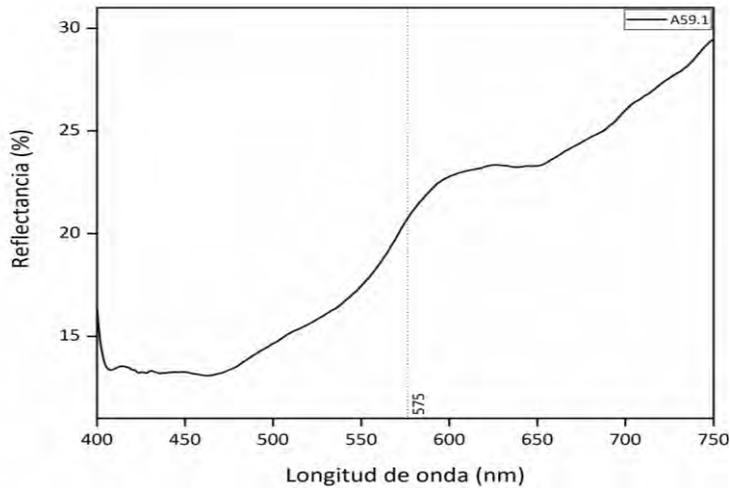


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



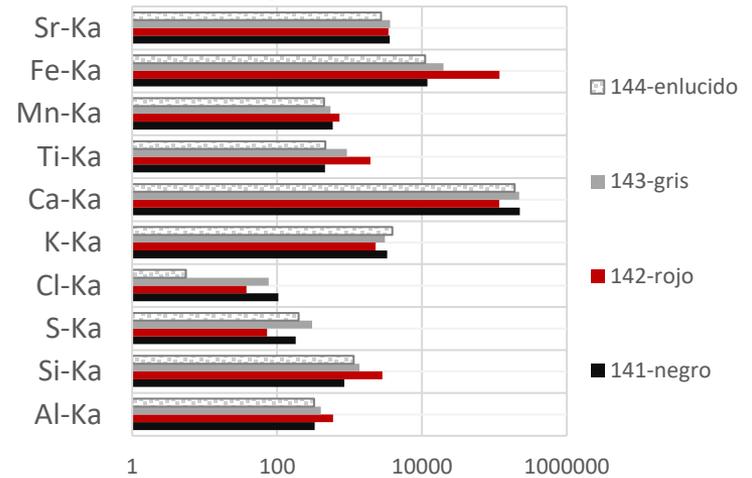
Pto. de inflexión: 582 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm;
banda absorción: ± 490 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris)



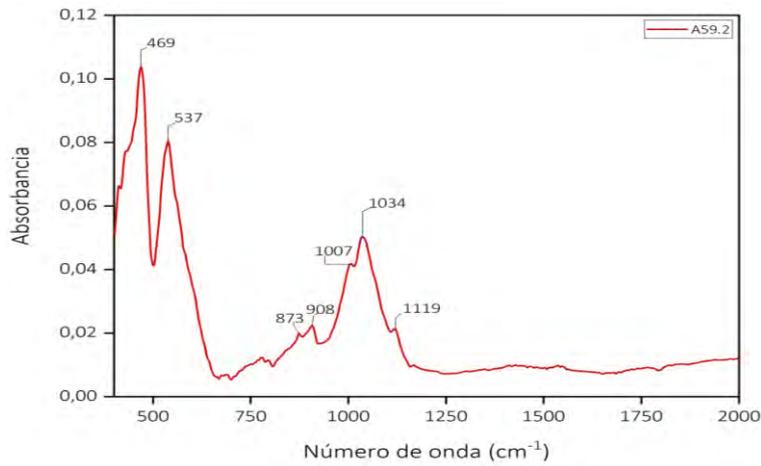
Pto. de inflexión: 575 nm

Fluorescencia de Rayos X



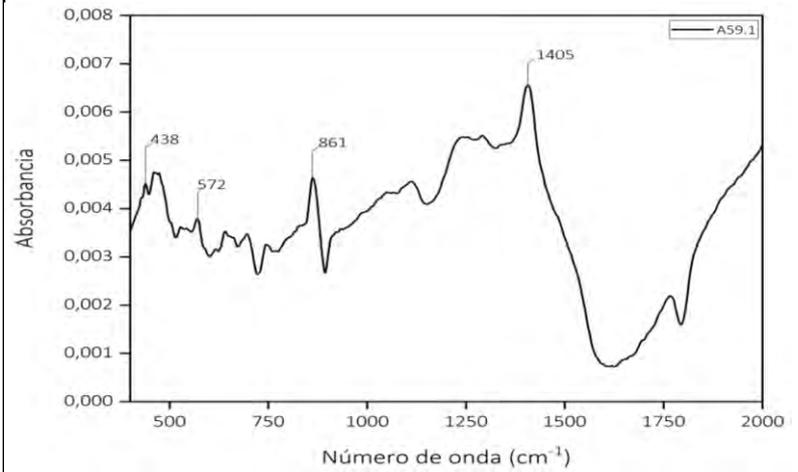
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Si, Al; gris: Ca; negro:

Espectroscopía Infrarroja



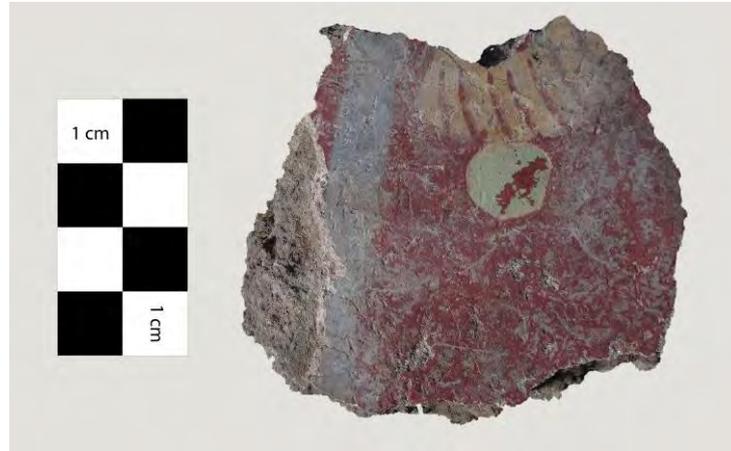
Óxidos de hierro: 469, 537; **caolinita:** 908, 1007, 1034, 1119 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja

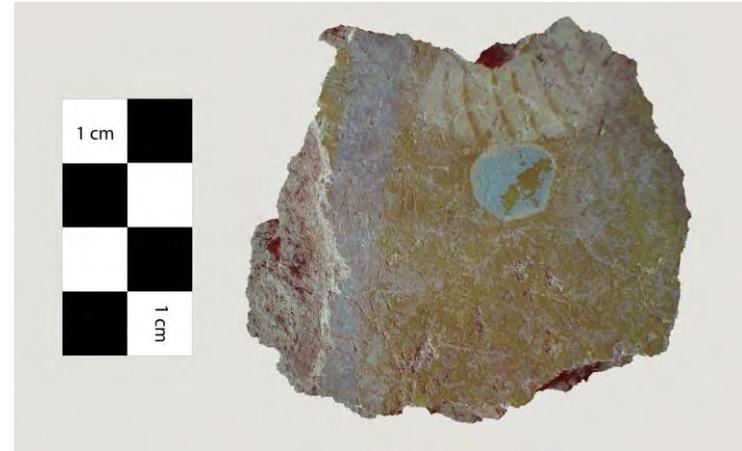


Carbonato de calcio: 861, 1405 cm⁻¹

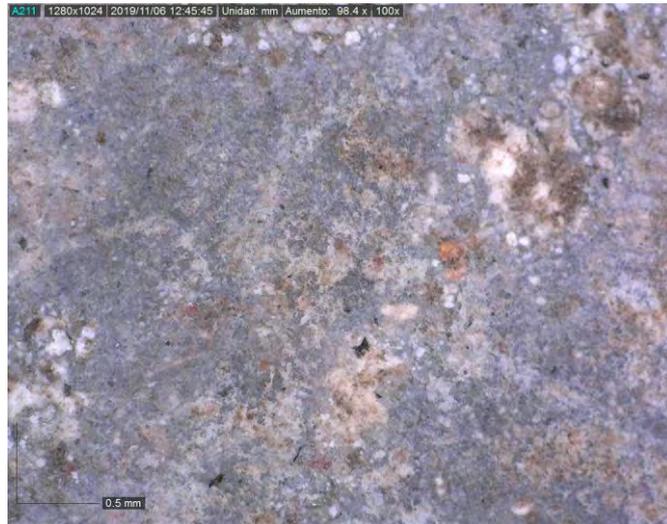
Muestra A62



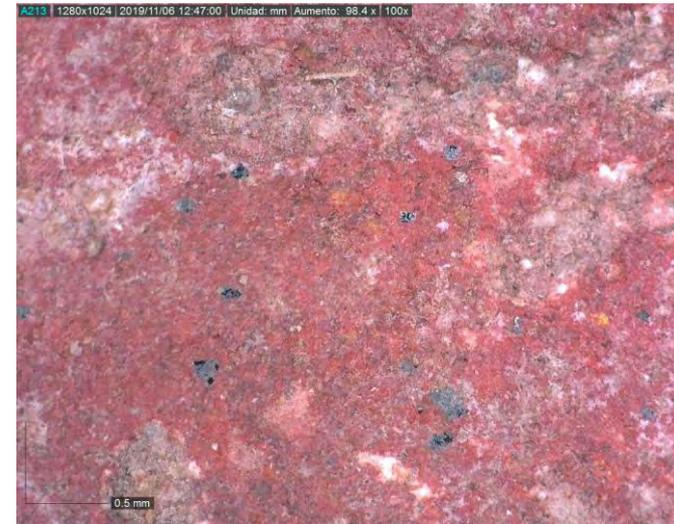
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



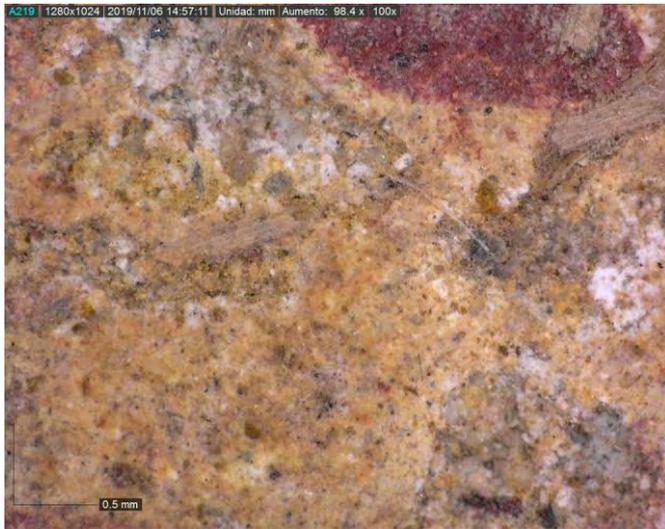
Microscopía óptica 100X



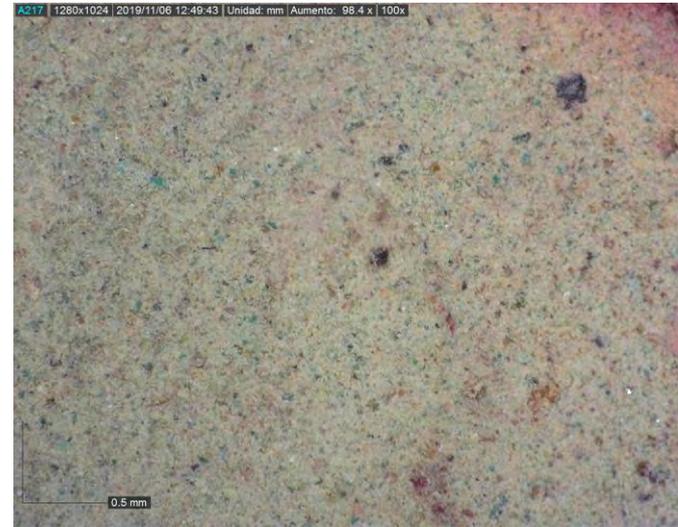
Microscopía óptica 100X



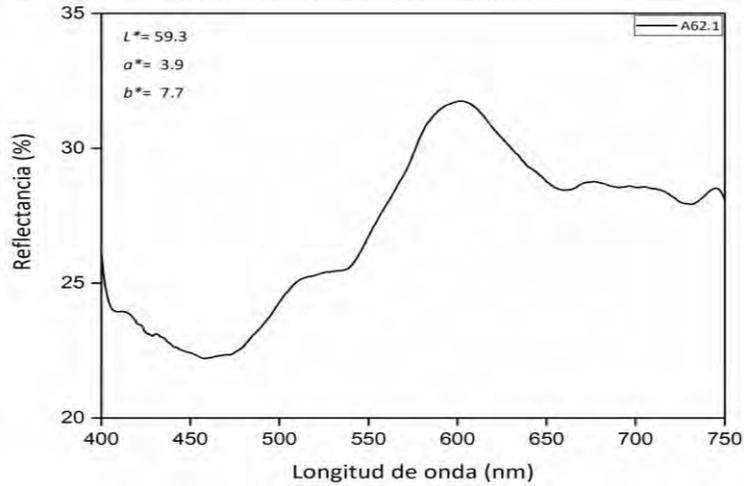
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

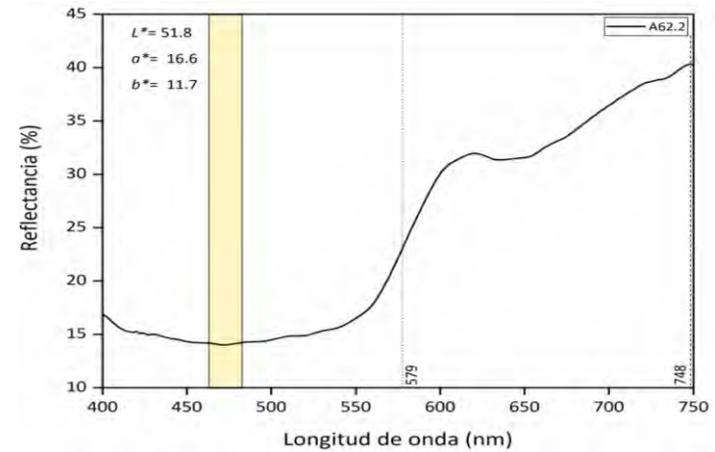


Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



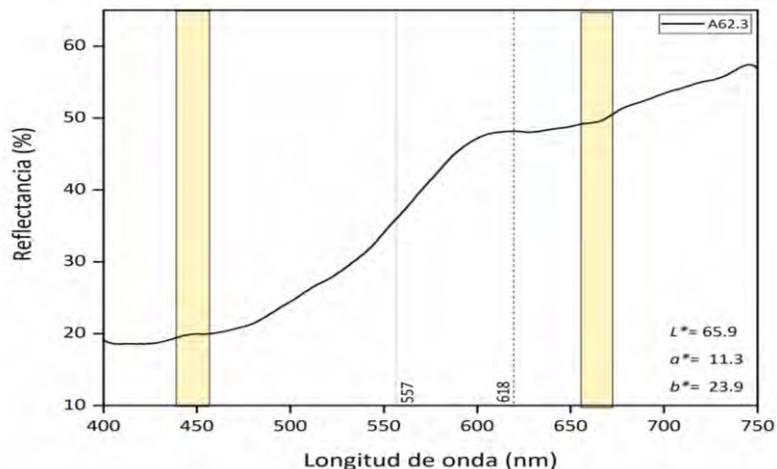
Máx. de reflectancia: 601 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



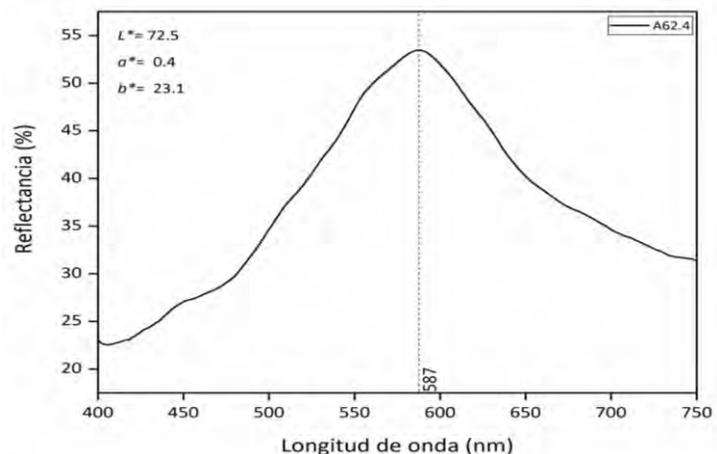
**Pto. de inflexión: 579 nm; Máx. de reflectancia: 748 nm;
banda absorción: \pm 490**

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



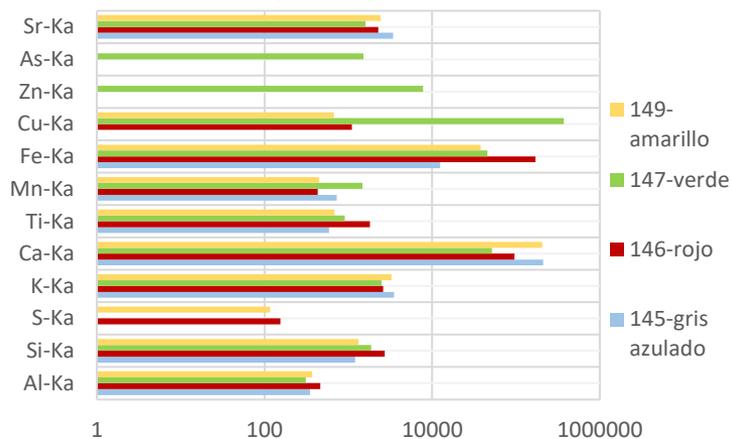
Pto. de inflexión: 557 nm; **Máxs. de reflectancia:** 618 nm;
banda absorción: ± 650 ; **Shoulder:** 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



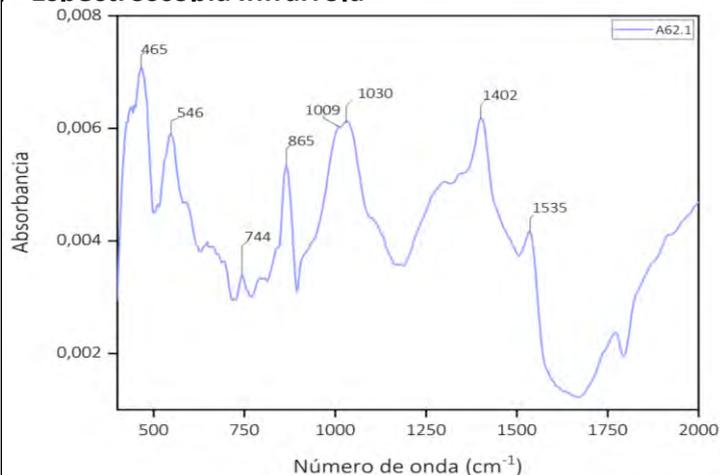
Máx. de reflectancia: 587 nm

Fluorescencia de Rayos X



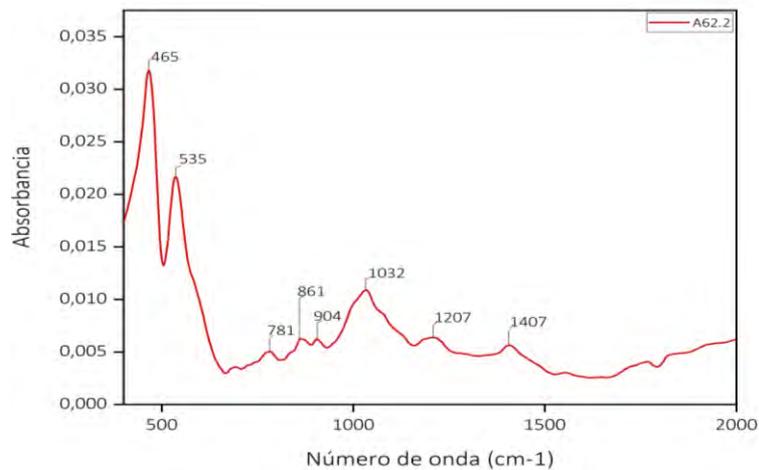
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Si, Al, S; **verde:** Cu, Zn, As; **amarillo:** Fe, Ca, Al, Si, S; **gris azulado:** Ca

Espectroscopía Infrarroja



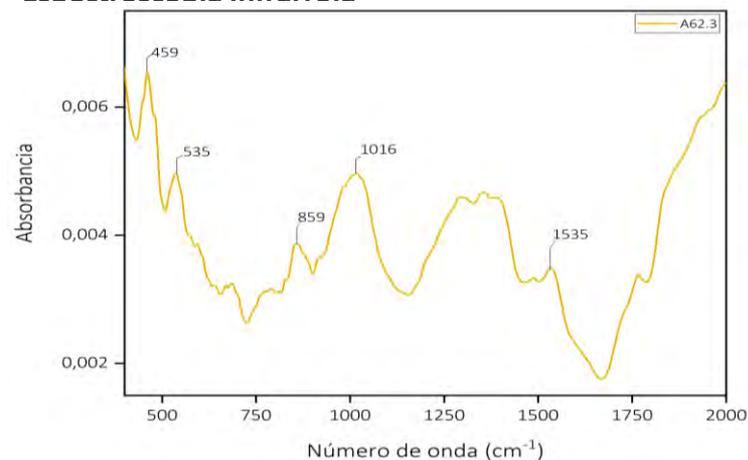
Óxidos de hierro: 465, 546; **calcita:** 865, 1402, 1535;
aluminosilicato: 1009, 1030, 1115 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



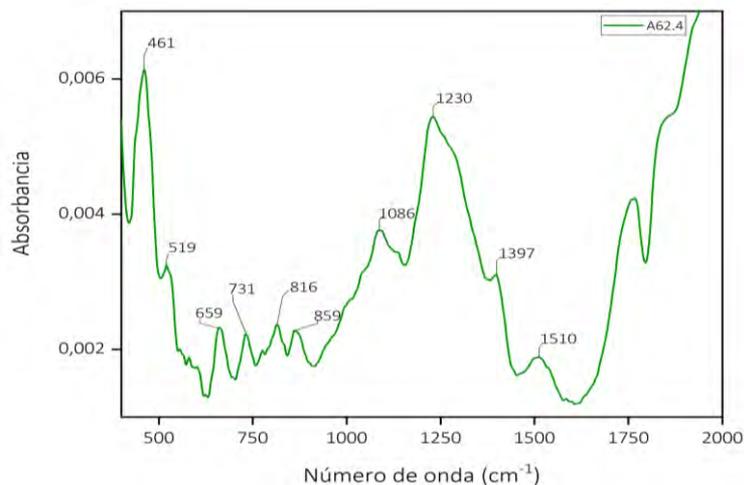
Óxidos de hierro: 465, 535; **calcita:** 861, 1407; **aluminosilicato:** 904, 1034 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



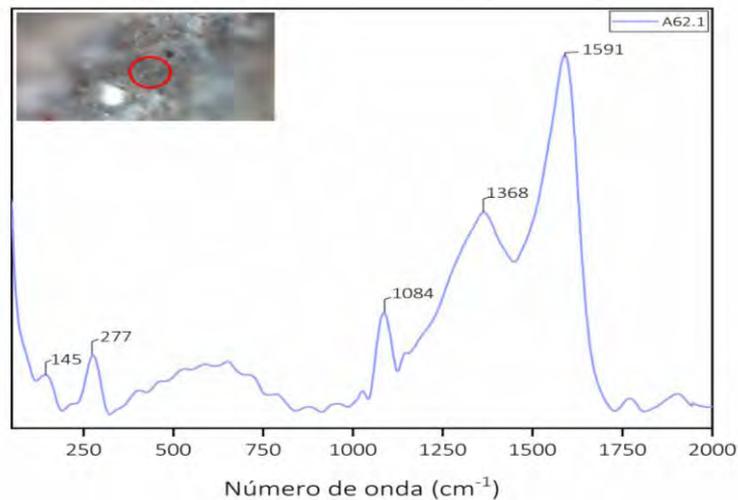
Óxidos de hierro: 459, 535; **carbonato de calcio:** 859, 1535; **aluminosilicato:** 1016 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



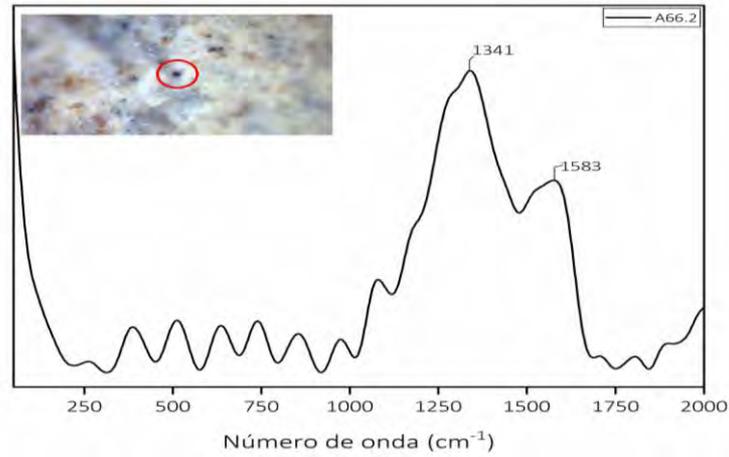
Óxidos de hierro: 461; **malaquita:** 519, 731, 770, 816 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) matriz pigmento gris azulado



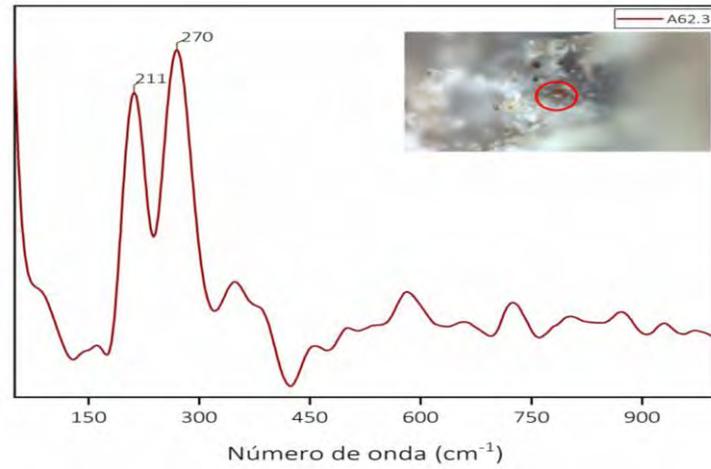
Calcita: 145, 272, 1804; **carbón:** 1368, 1591 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. negra en pigmento gris azulado



Carbón: 1341, 1583 cm⁻¹

Espectroscopía Raman. (50X) part. rojiza en pigmento gris azulado

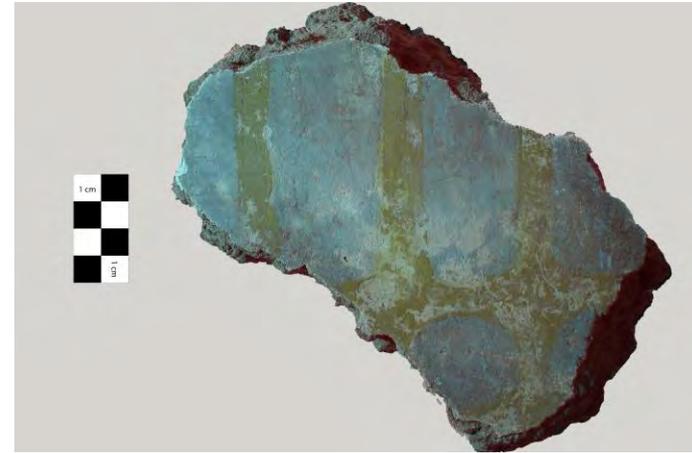


Material sin identificar

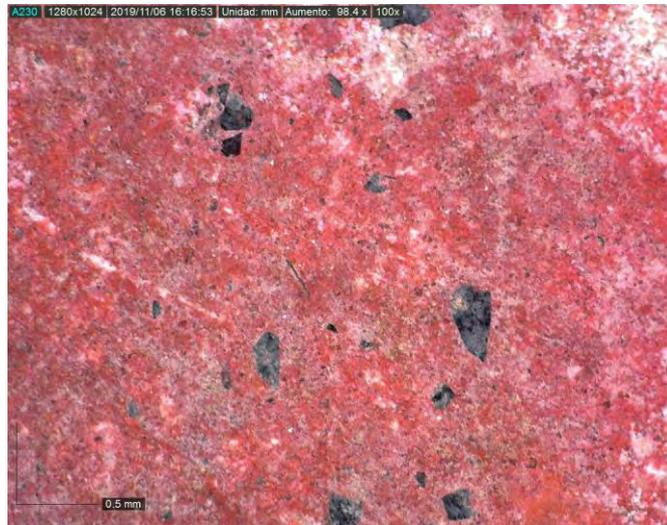
Muestra A64



Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



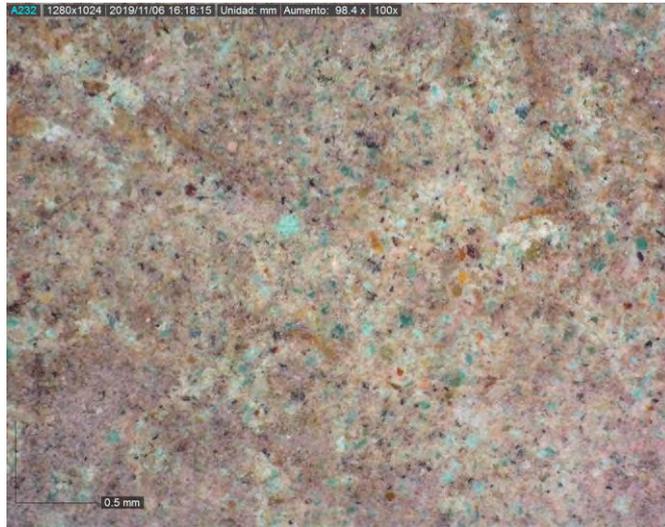
Microscopía óptica 100X



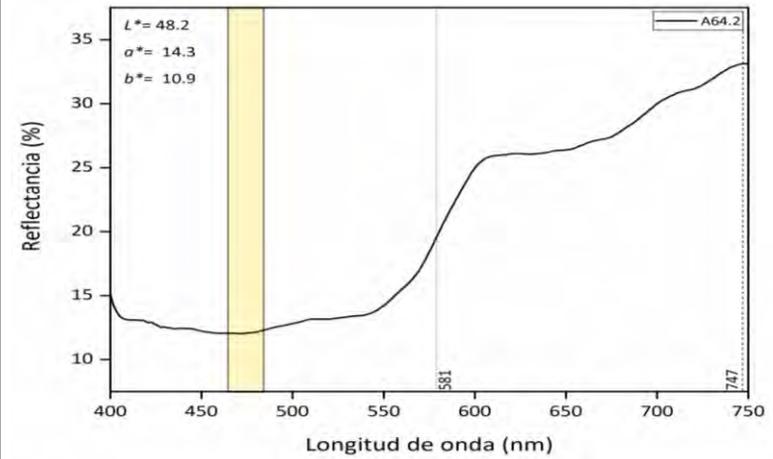
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X

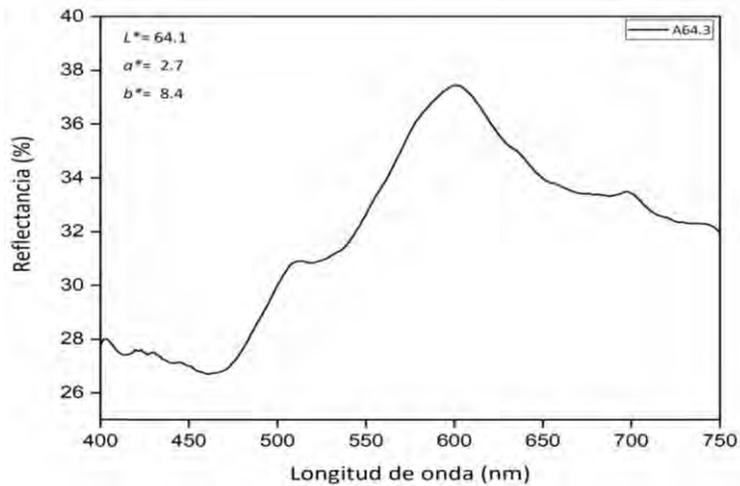


Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



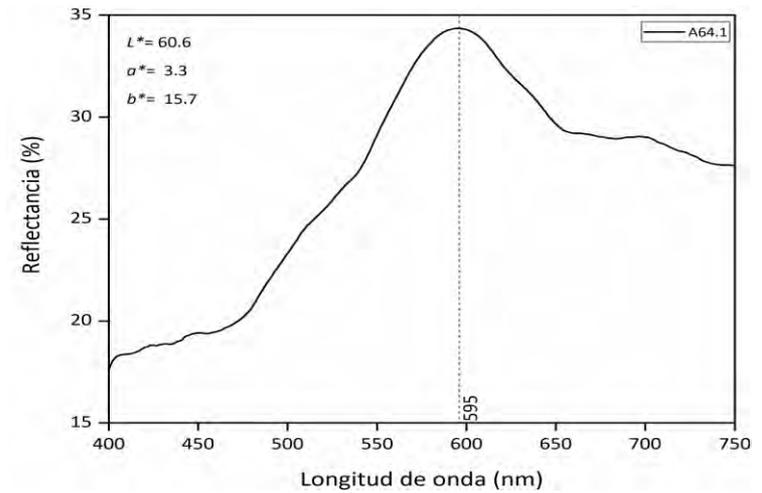
Pto. de inflexión: 581 nm; Máx. de reflectancia: 747 nm;
banda absorción: ± 490 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris azulado)



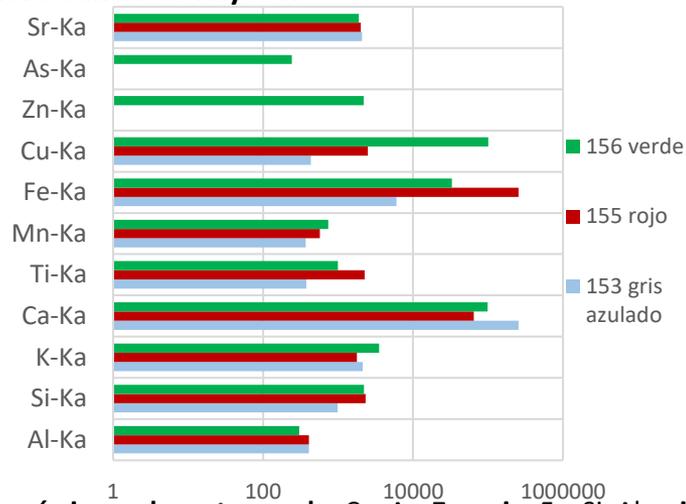
Máx. de reflectancia: 605 nm;

Espectrocolorimetría RUBY (verde)



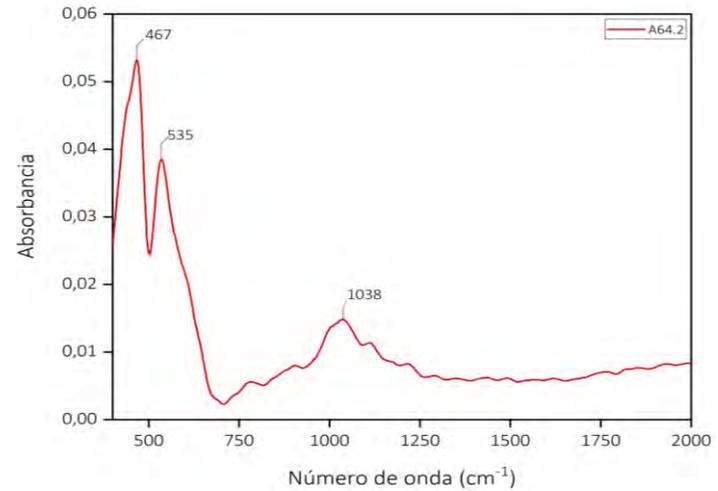
Máx. de reflectancia: 595 nm;

Fluorescencia de Rayos X



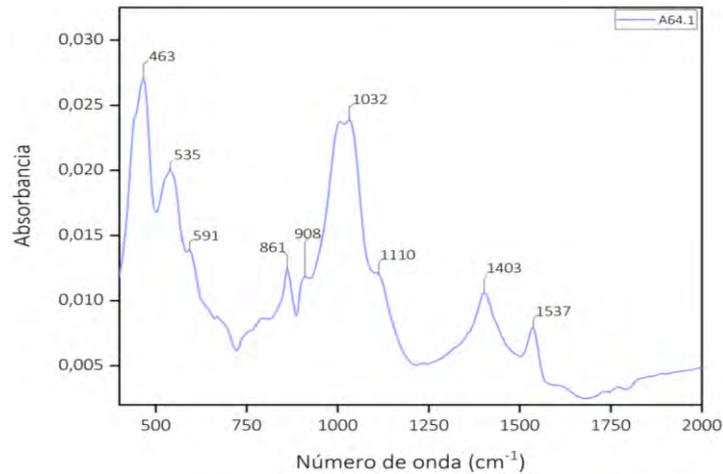
Els. químicos relevantes verde: Cu, As, Zn; rojo: Fe, Si, Al; gris azulado: Ca

Espectroscopía Infrarroja



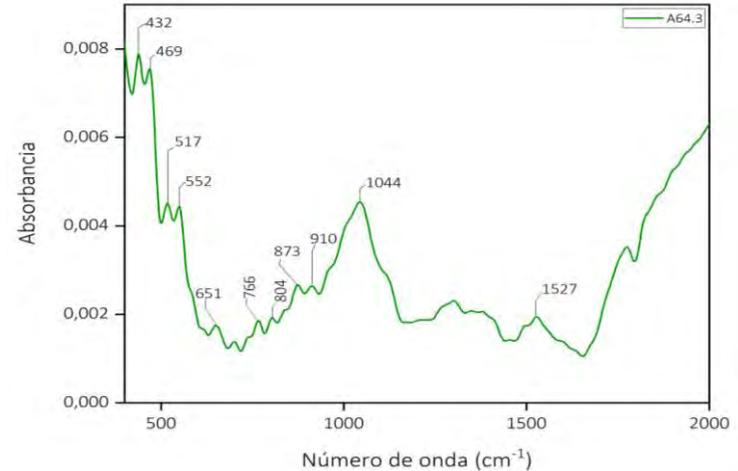
Óxidos de hierro: 467, 535; aluminosilicato: 1038 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



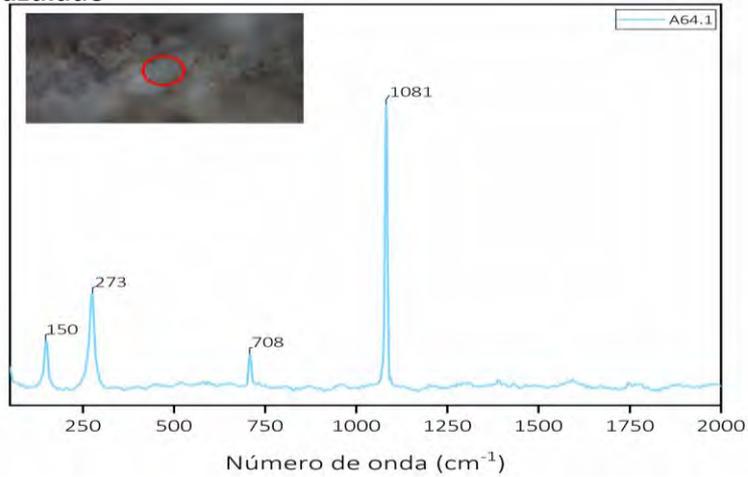
Óxidos de hierro: 463, 535; calcita: 861, 1403, 1537; caolinita: 908, 1005, 1032, 1110 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



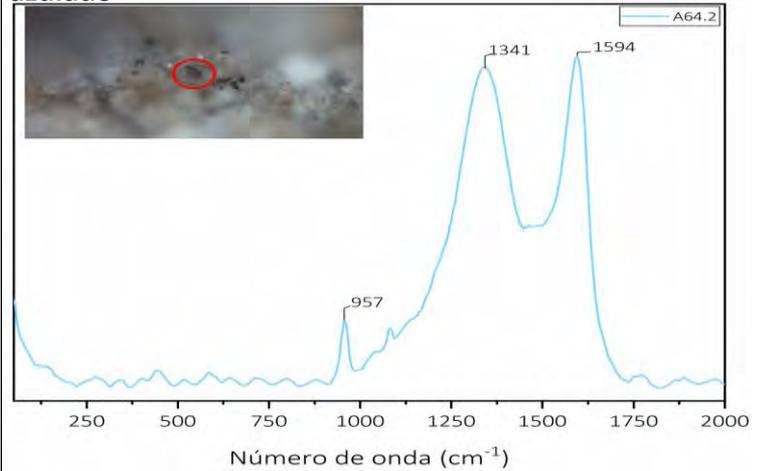
Óxidos de hierro: 469; malaquita: 517, 766, 804; calcita: 873, 1527; aluminosilicato: 432, 910, 1007, 1044 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) part. blanca en pigmento gris azulado



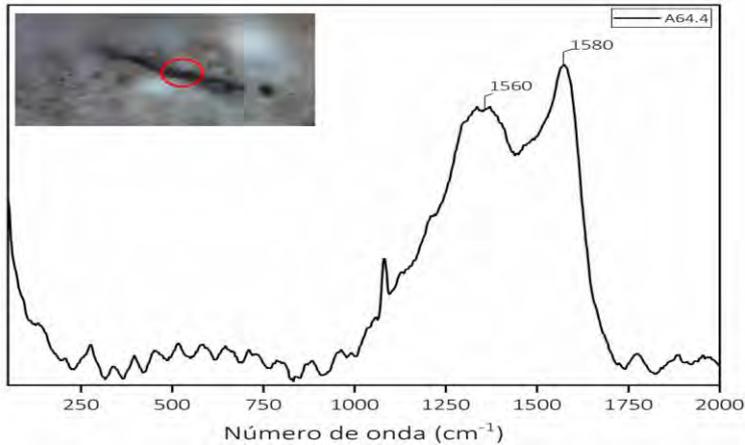
Calcita: 150, 273, 708, 1081 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) part. negra en pigmento gris azulado



Negro de hueso (carbón): 957, 1341, 1594 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) part. negra en pigmento gris azulado

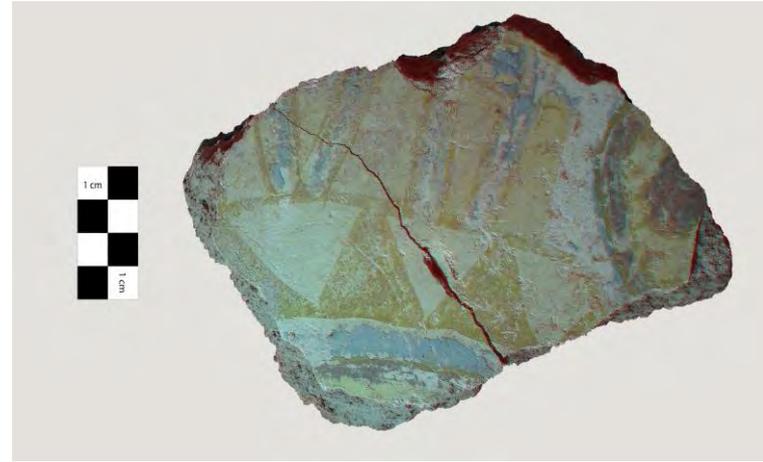


Carbón: 1560, 1580 cm^{-1}

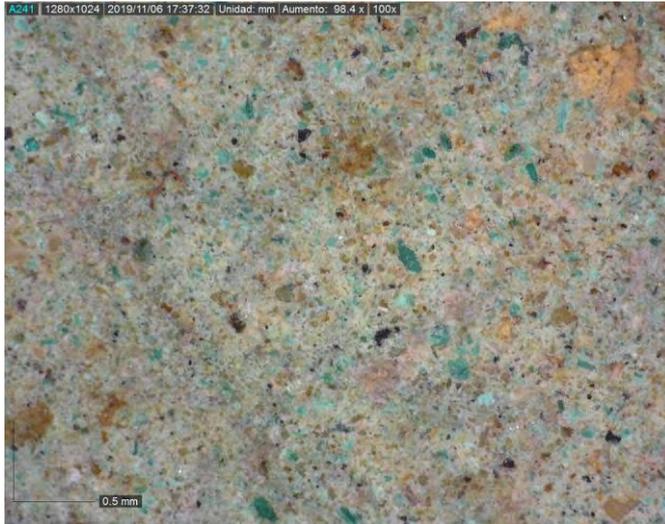
Muestra A65



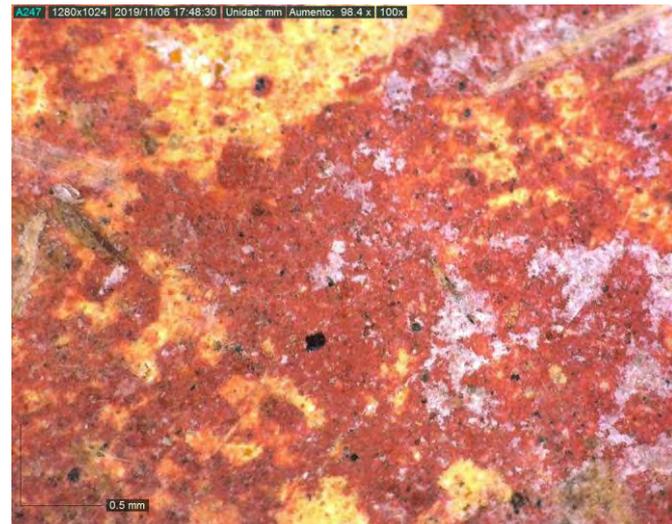
Fotografía Infrarroja de falso color (760 nm)



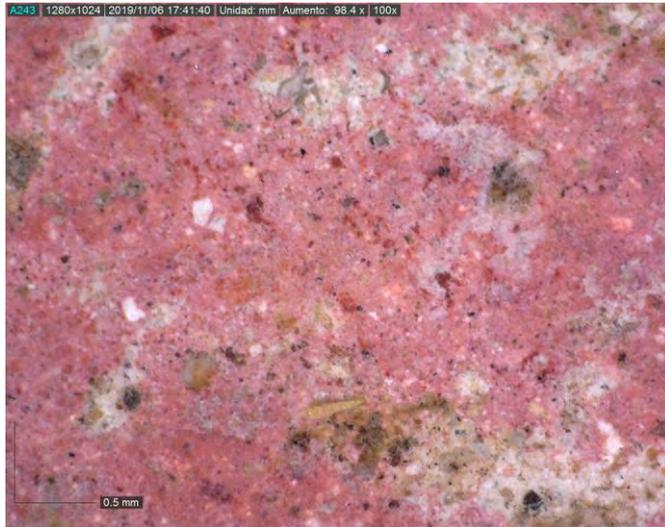
Microscopía óptica 100X



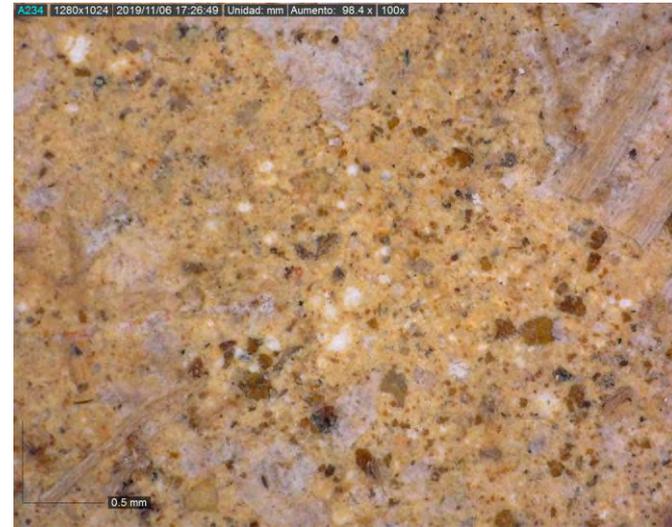
Microscopía óptica 100X



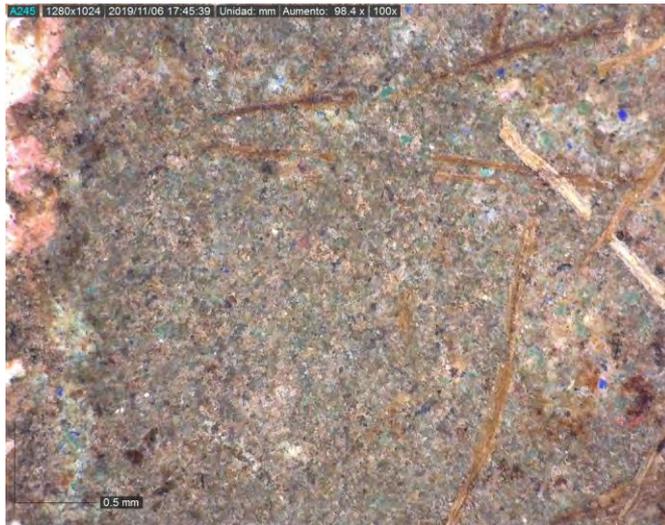
Microscopía óptica 100X



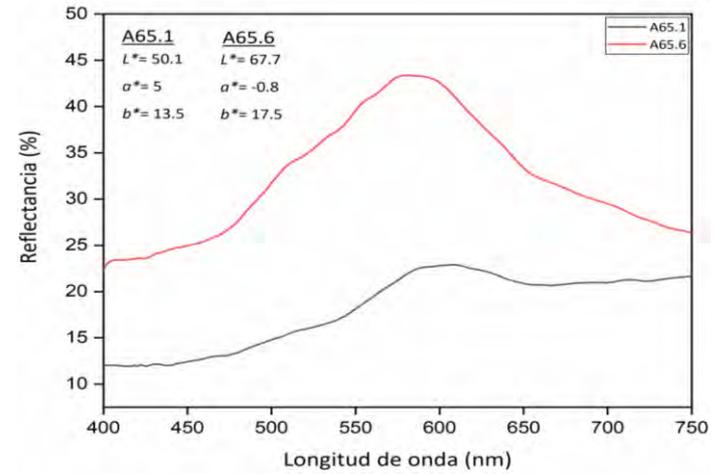
Microscopía óptica 100X



Microscopía óptica 100X (gris)

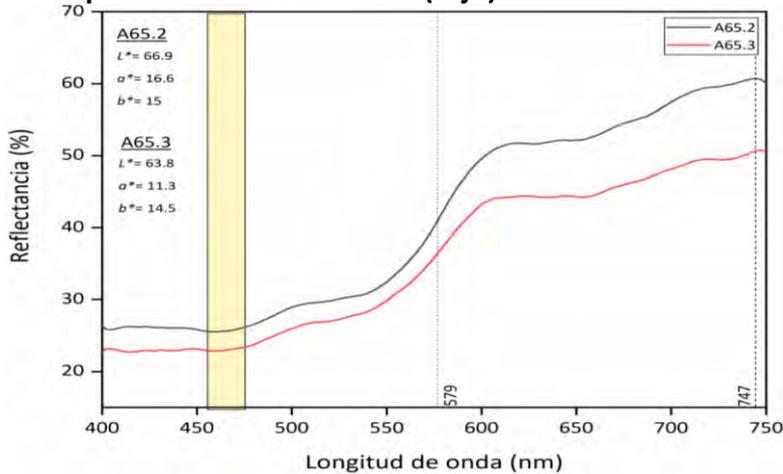


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



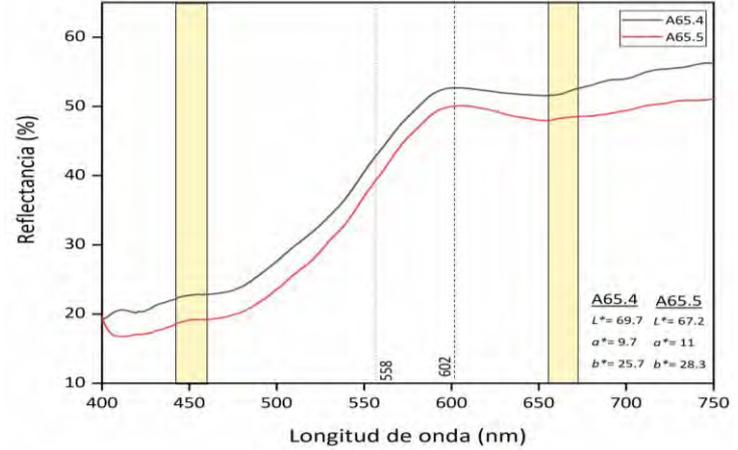
Máx. de reflectancia: 585-595 nm

Espectrocolorimetría RUBY (rojo)



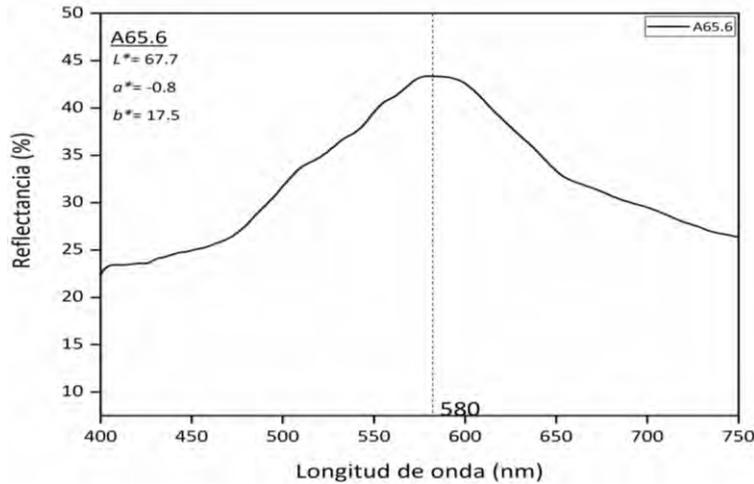
Pto. de inflexión: 579 nm; **Máx. de reflectancia:** 747 nm;
banda absorción: ± 490 nm

Espectrocolorimetría RUBY (amarillo)



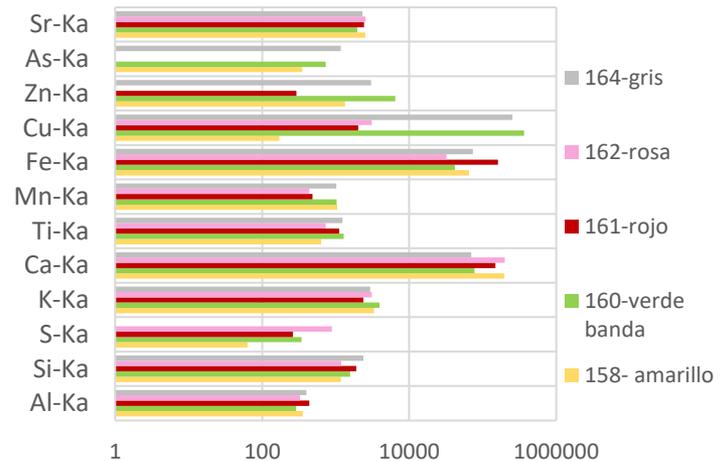
Pto. de inflexión: 558 nm; **Máx. de reflectancia:** 602 nm;
banda absorción: ± 650 ; *Shoulder:* 450-480 nm

Espectrocolorimetría RUBY (gris)



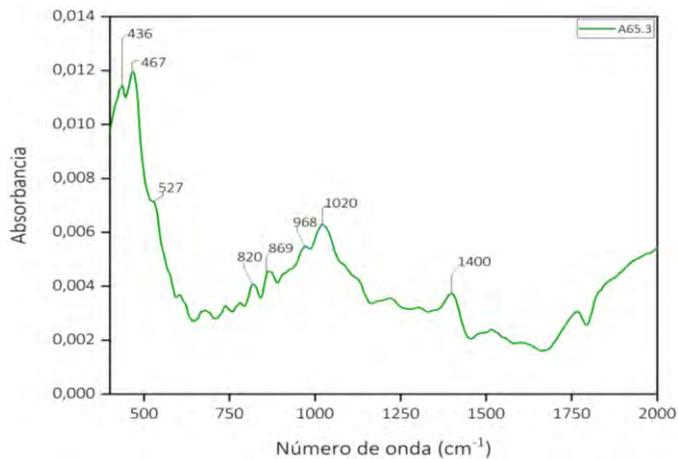
Máx. de reflectancia: 580 nm;

Espectroscopía Infrarroja



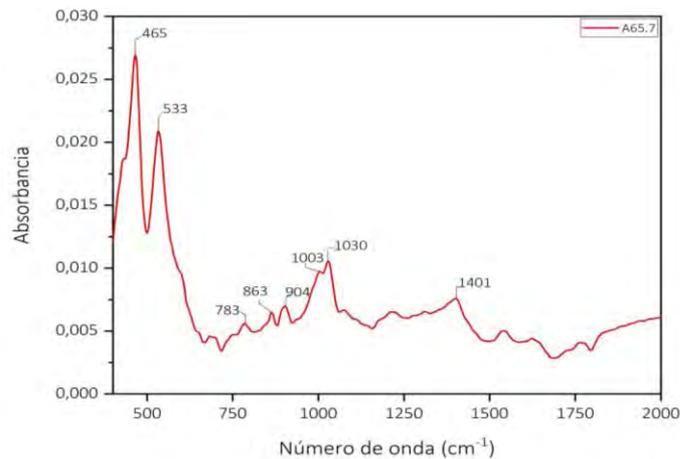
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca, Si, Al, **verde:** Cu, As, Zn,; **amarillo:** Fe, Ca, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



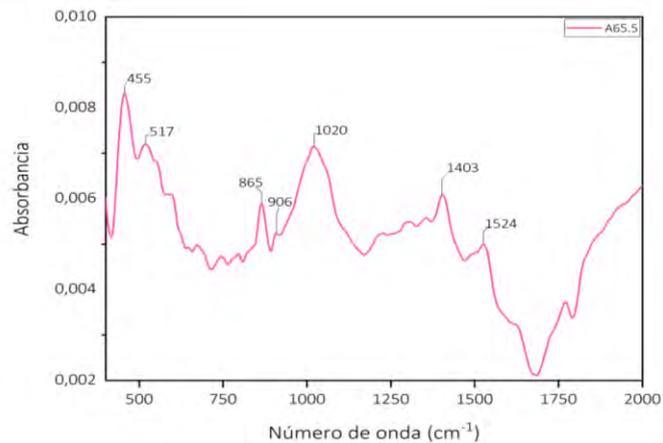
Óxidos de hierro: 465, 535; **malaquita:** 527, 820; **calcita:** 869, 1400 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



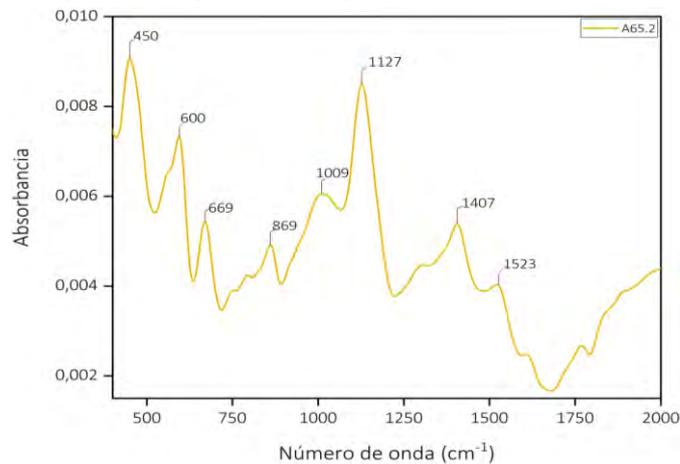
Óxidos de hierro: 465, 533; **calcita:** 863, 1401; **aluminosilicato:** 904, 1003, 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



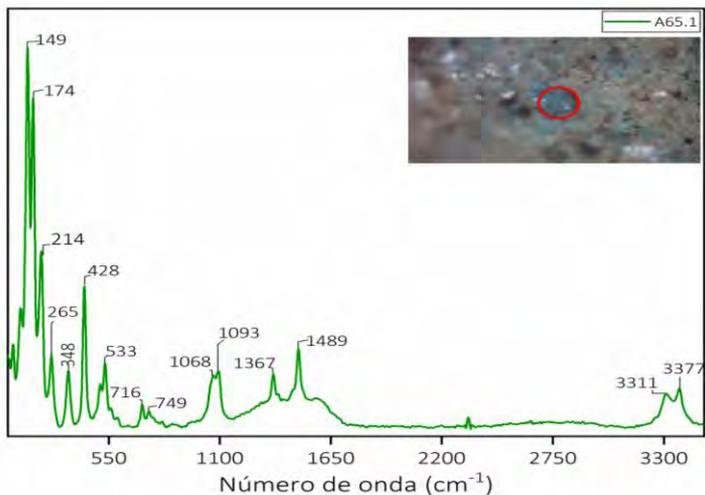
Óxidos de hierro: 455, 517; **aluminosilicato:** 906, 1020; **calcita:** 865, 1403, 1524 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



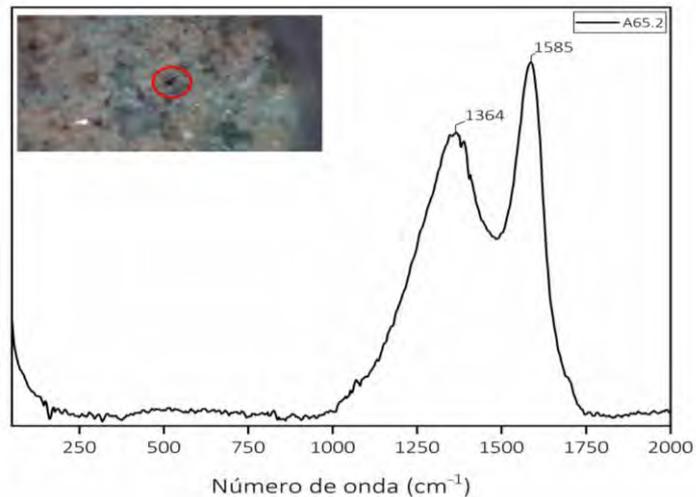
Óxidos de hierro: 450, 600; **calcita:** 869, 1407, 1523 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) verde



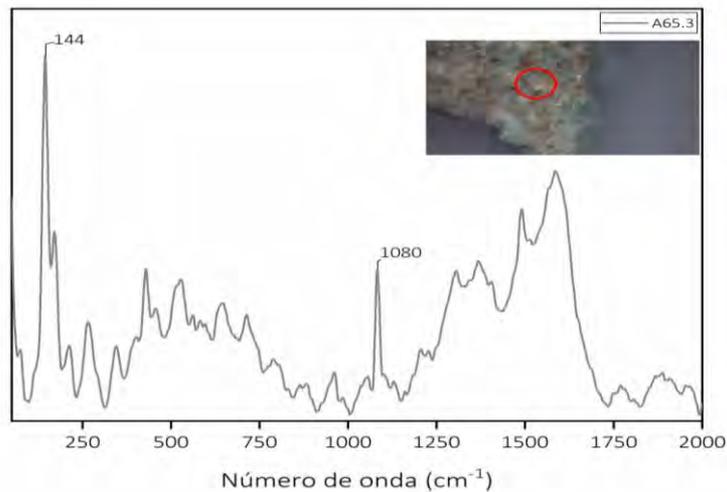
Malaquita: 149, 174, 214, 265, 348, 428, 533, 716, 749, 1068, 1093, 1367, 1489, 3311, 3377 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) Part. negra en pigmento verde



Carbón: 1364, 1585 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X) part. blanca en pigmento verde



Anatasa:144; **calcita:** 174, 1080 cm^{-1}

Anexos: Conjunto Plaza de los Jaguares

Tabla resultados

Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	SEM_EDS	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Rojo/rosa	580-585 ^a , 740-745 ^b , 490 ^c	Fe, Ca, Si, Al	Si, Ca, Al, Fe, Mg	Tierra roja (FeO ₂ + caolinita)	465, 530, 566, 867, 906, 1004, 1032, 1104	
				Hematita		220, 290, 410, 498 610, 1316
				Calcita	713, 873, 1410, 1543	285, 711, 1085
				Cuarzo		206, 465
				Carbón		1351, 1590
				Anatasa		143, 294, 516, 639
Anaranjado	585-595 ^a , 745 ^b	Hg, S, Fe	Hg, Si, Ca, S, Fe, Al	Tierra roja (FeO ₂ + caolinita-montmorillonita)	465, 530, 566, 873, 906, 1004, 1046, 1120	
				Hematita		220, 290, 410, 495, 610, 1316
				Cinabrio		255, 345
				Calcita		

^a punto de inflexión, ^b máx. reflectancia, ^c absorción:

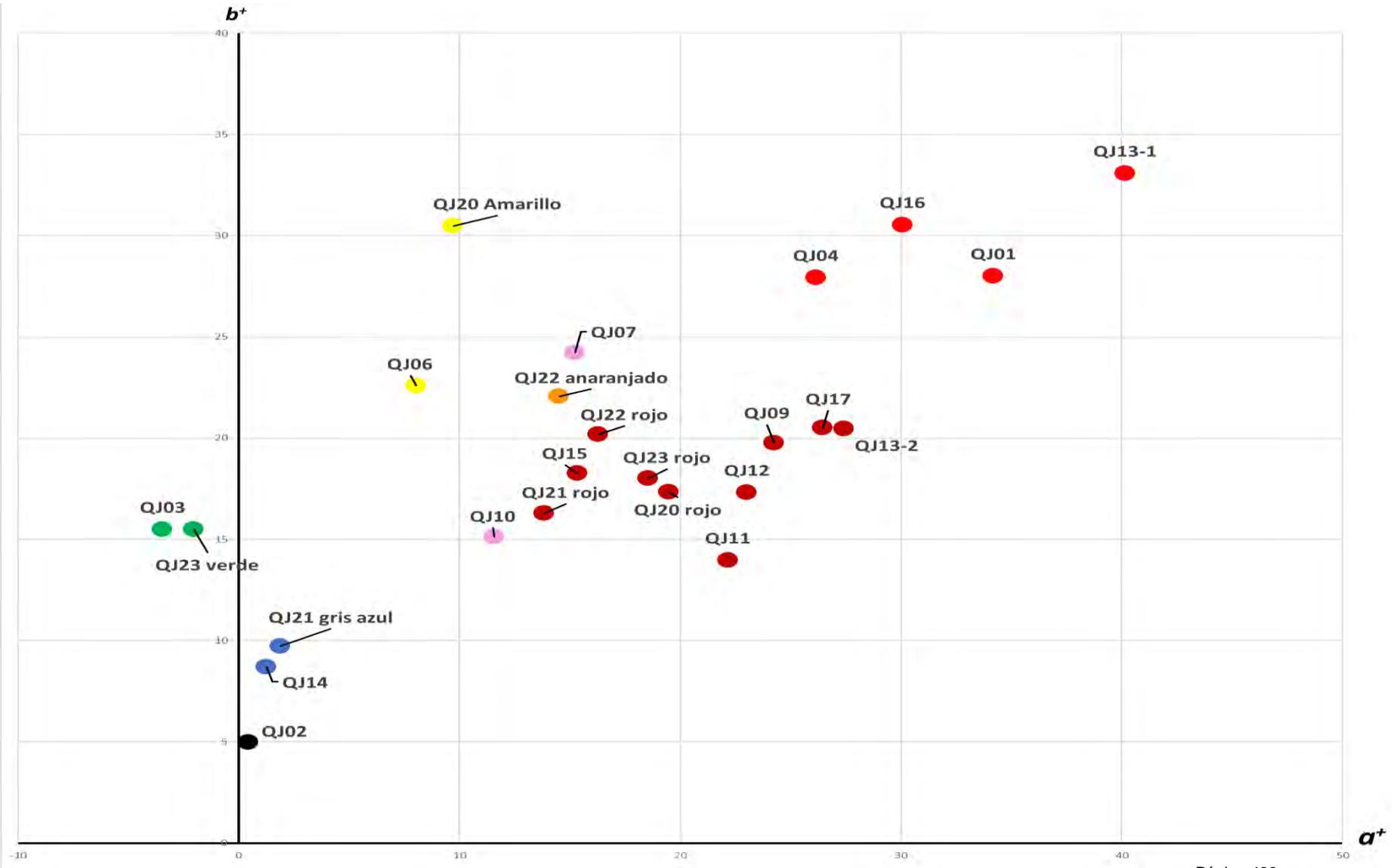
Tabla resultados

Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	SEM_EDS	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Amarillo	550-555 ^a , 610 ^b , 650 ^c	Fe, Ca, Si, Al	Si, Ca, Al, Fe,	Tierra amarilla (α FeO.OH + caolinita)	465, 530, 566, 867, 906, 1004, 1032, 1104	
				Goethita		245, 303, 401, 548, 688
				Calcita	713, 873, 1410, 1543	285, 711, 1085
				Carbón		1360, 1585
Verde	580-585 ^b	Cu, P, Zn, As	Cu, P, Al, Si, Zn	Malaquita	465, 530, 566, 873, 906, 1004, 1046, 1120	152, 179, 221, 270, 352, 432, 535, 721, 753, 1085, 1370, 1497
				Pseudomalaquita		86, 112, 140, 176, 212, 266, 300, 368, 446, 481, 530, 607, 750, 800, 869, 971, 1056, 1085
				Cuarzo		142, 468
				Hematita		220, 290, 410, 495, 610, 1316
				Goethita		303, 401
				Anatasa		143, 294, 516, 639

Tabla resultados

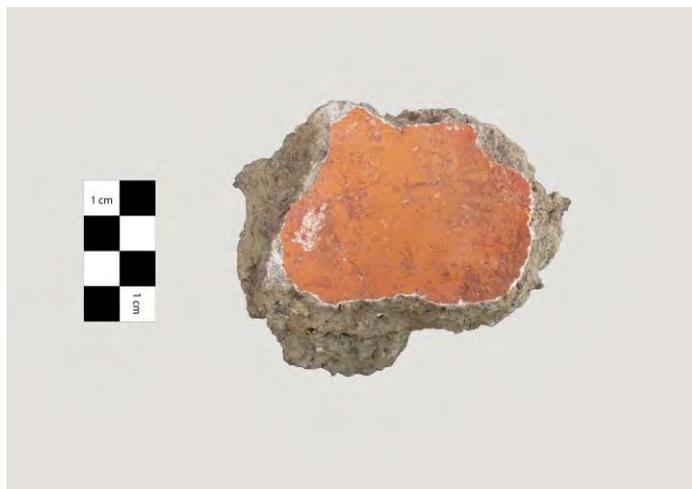
Color	Espectrocolorimetría (nm)	XRF	SEM-EDS	Materia primas	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Gris azulado		Ca	Ca, Al, Si, Mg, P	Calcita	700, 865, 1407	154, 283, 711, 1085
				Hematita		220, 290, 410, 498 610, 1316
				Carbón		1360, 1592
Negro			Ca Al, Si	Carbón		1357, 1596
				Calcita		152, 278, 710, 1084

Diagrama cromático a* b*



Muestra	L*	a*	b*
QJ01	69,52	34,19	28,00
QJ02	69,97	0,42	4,98
QJ03	102,83	-3,46	15,48
QJ04	102,83	26,15	27,92
QJ06	69,93	8,03	22,57
QJ07	84,88	15,22	24,21
QJ09	63,31	24,26	19,77
QJ10	82,47	11,58	15,11
QJ11	69,51	22,16	13,96
QJ12	70,71	23,03	17,30
QJ13-1	66,74	40,18	33,07
QJ13-2	64,85	27,44	20,47
QJ14	73,70	1,24	8,71
QJ15	78,44	15,36	18,27
QJ16	67,38	30,08	30,53
QJ17	62,87	26,47	20,52
QJ20 Amarillo	85,31	9,69	30,48
QJ20 rojo	73,66	19,48	17,34
QJ21 gris azul	76,80	1,87	9,73
QJ21 rojo	73,64	13,82	16,28
QJ22 rojo	76,80	16,29	20,18
QJ22 anaranjado	78,79	14,51	22,06
QJ23 rojo	75,74	18,55	18,01
QJ23 verde	93,94	-2,05	15,50

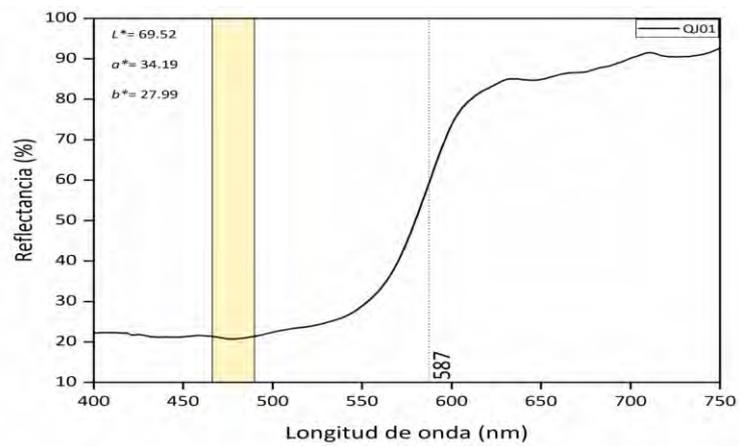
Muestra QJ01



Microscopía óptica 200X

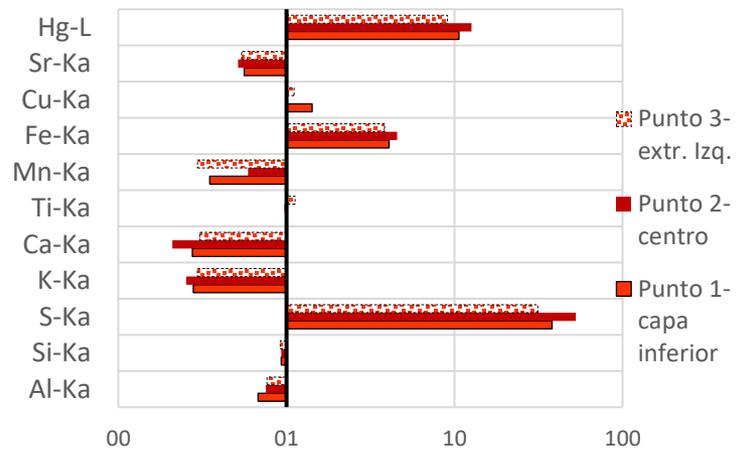


Espectrocolorimetría RUBY



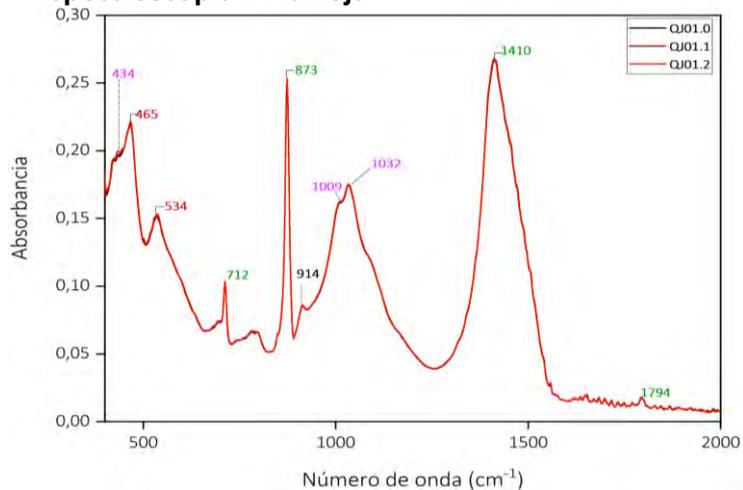
Pto. de inflexión : 587 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: \pm 490

Fluorescencia de Rayos X



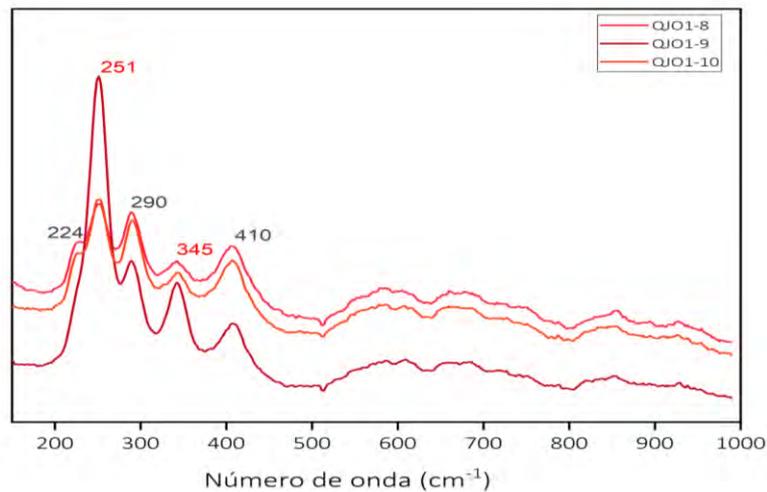
Els. químicos relevantes rojo: Hg, S, Fe

Espectroscopía Infrarroja



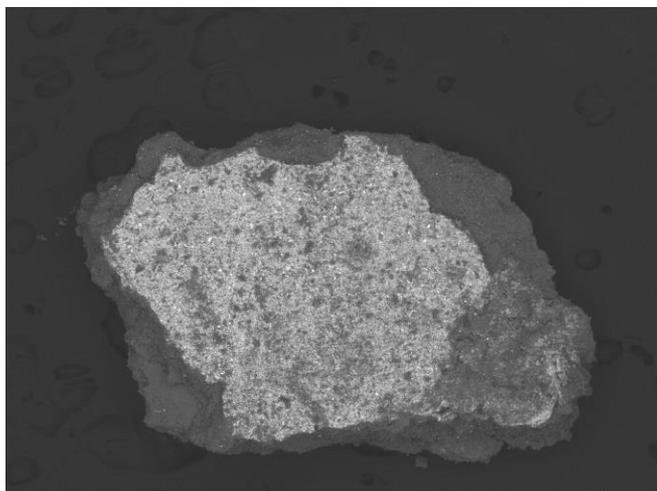
Óxidos de hierro: 465, 534; **calcita:** 712, 873, 1410, 1794
caolinita: 434, 914, 1009, 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X)



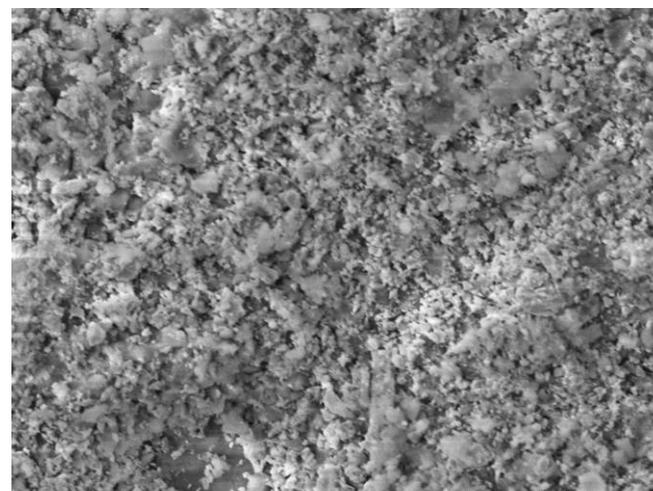
Cinabrio: 241, 345, **hematita:** 224, 290, 410 cm^{-1}

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



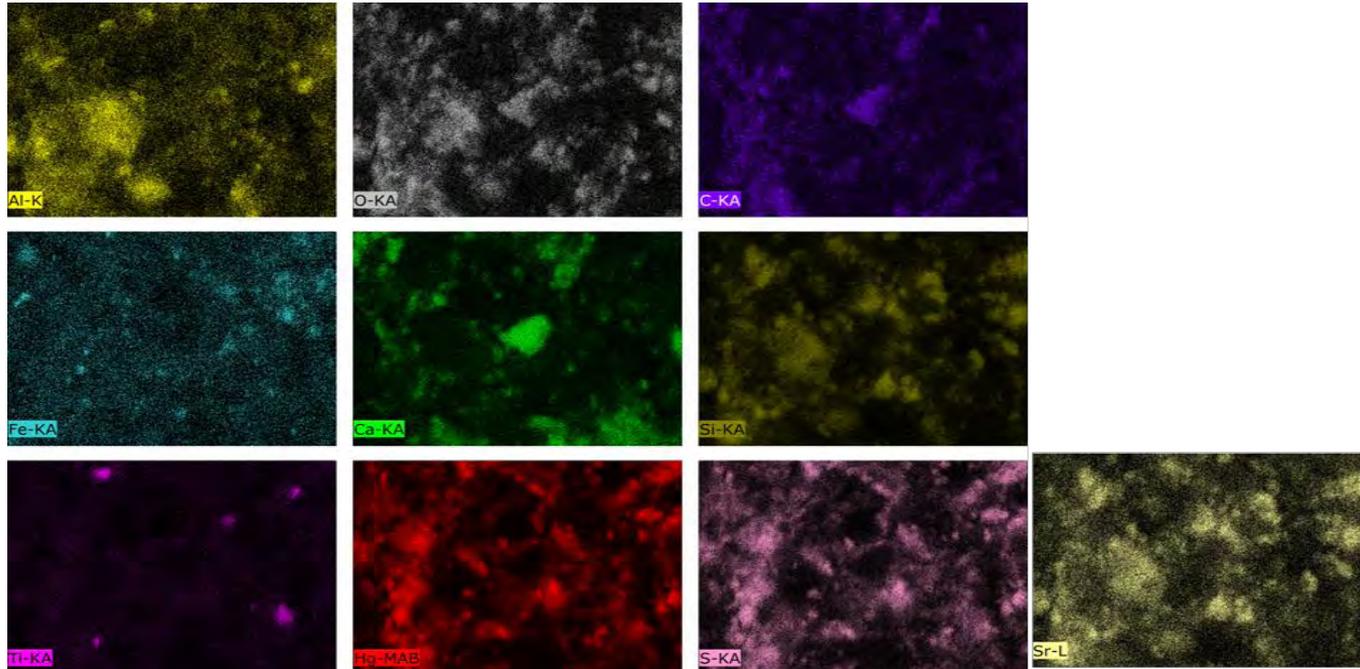
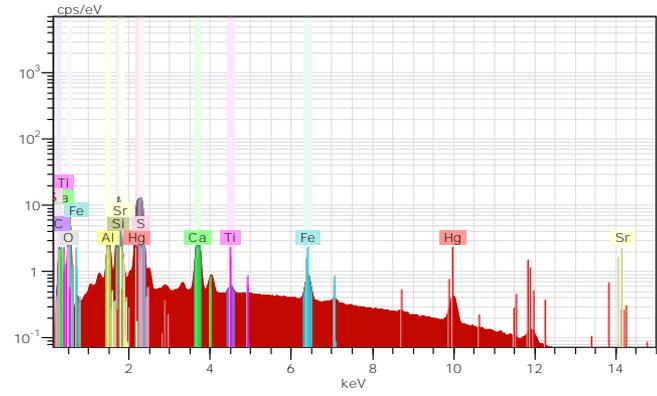
TM3030Plus5516 2019/08/09 15:06 HM D8.6 x60 1 mm

SEM-EDS. Electrones secundarios

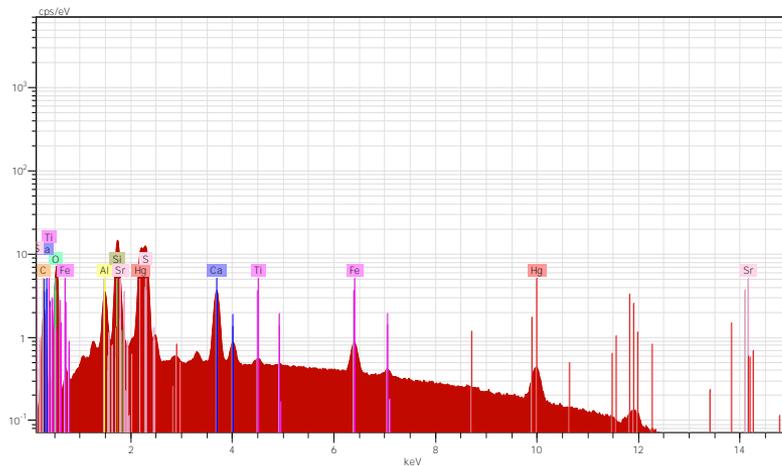
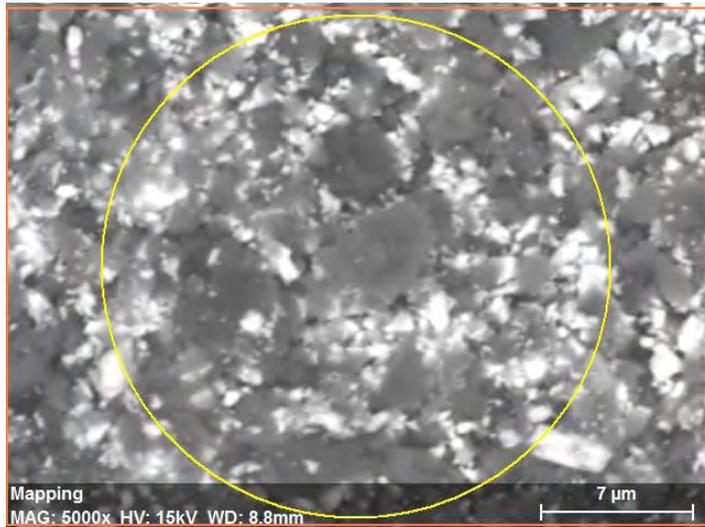


TM3030Plus6607 2020/01/29 11:47 NL UD9.1 x2.0k 30 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental

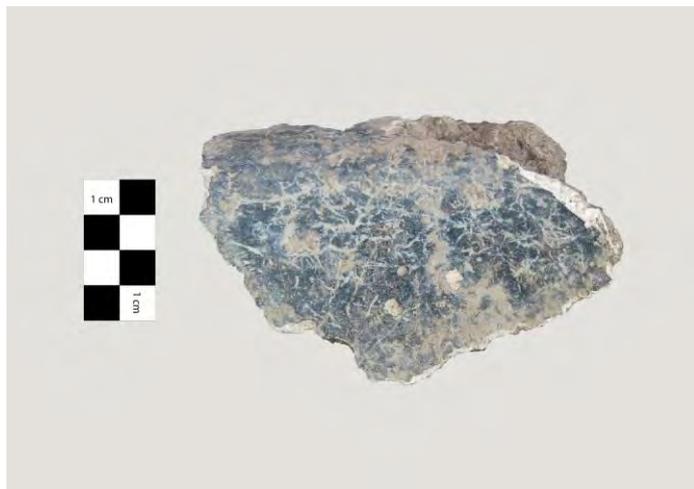


SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	wt % normalizado
Mercurio	35,42
Oxígeno	19,81
Silicio	12,68
Carbono	8,56
Calcio	8,43
Azufre	8,33
Hierro	4,12
Aluminio	2,07
Estroncio	0,35
Titanio	0,22

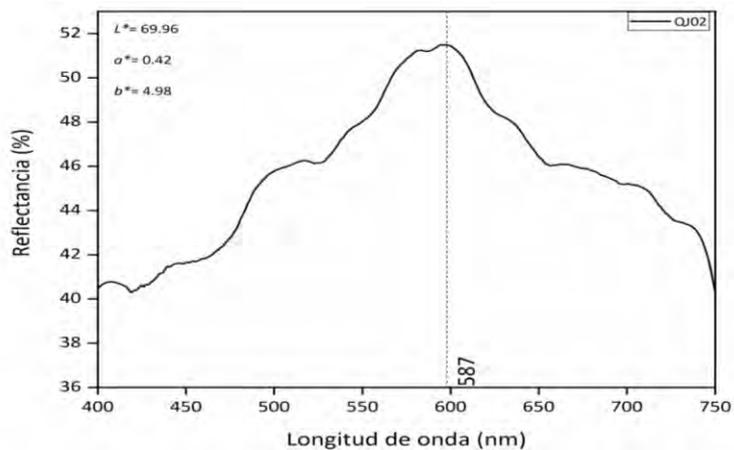
Muestra QJ02



Microscopía óptica 200X

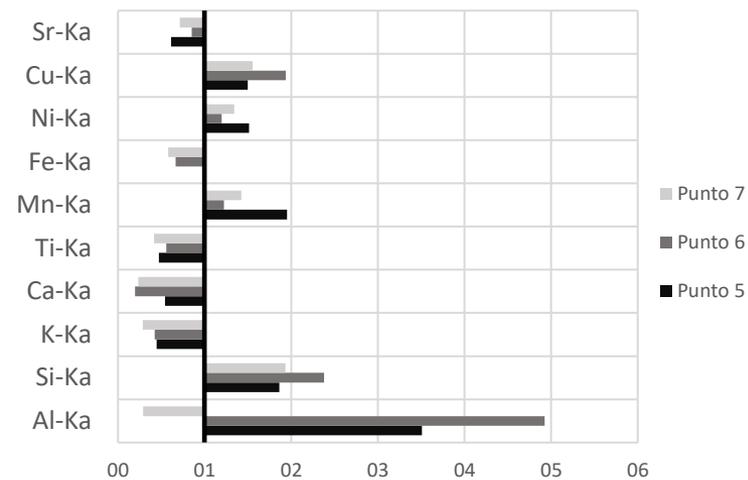


Espectrocolorimetría RUBY



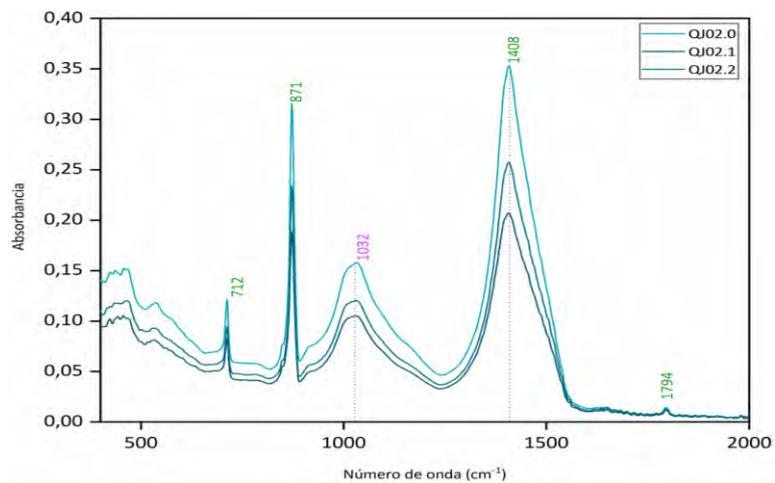
Máx. de reflectancia: 587 nm

Fluorescencia de Rayos X



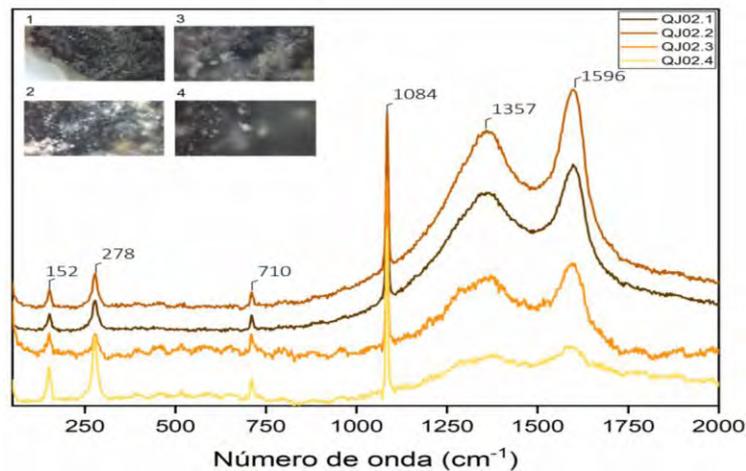
Els. químicos relevantes negro: Al, Mn, Cu

Espectroscopía Infrarroja



Calcita: 712, 871, 1408, 1794 **aluminosilicato:** 1032 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X)



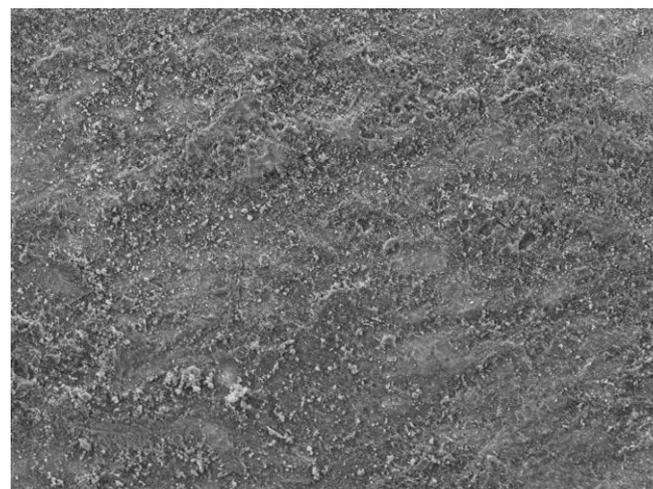
Carbón: 1357, 1596; **calcita:** 152, 278, 1084 cm^{-1}

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



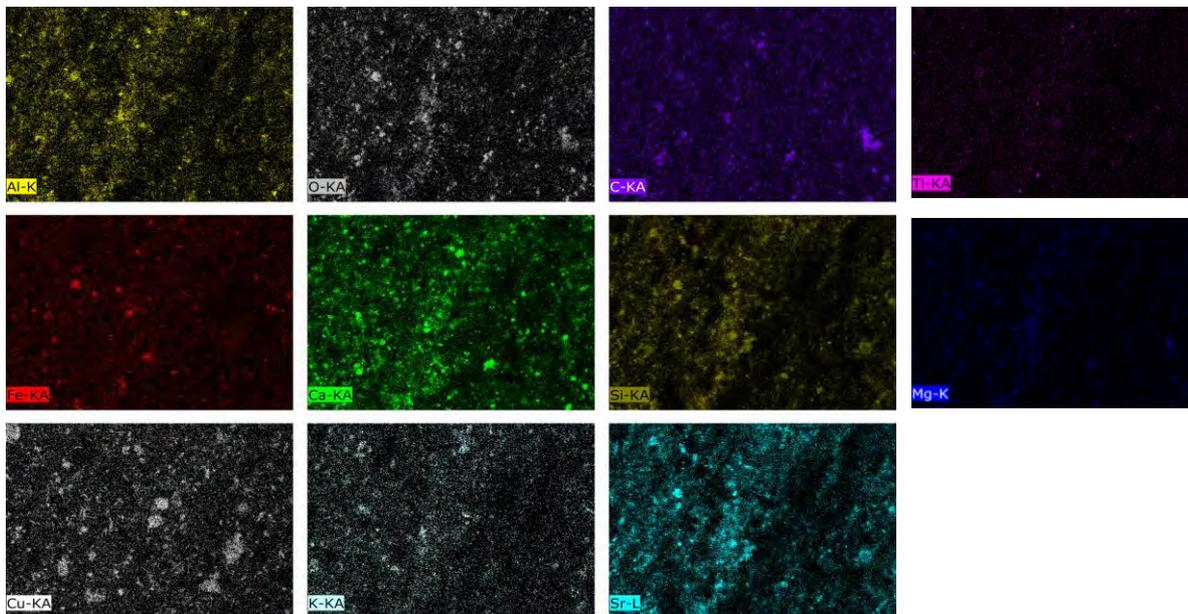
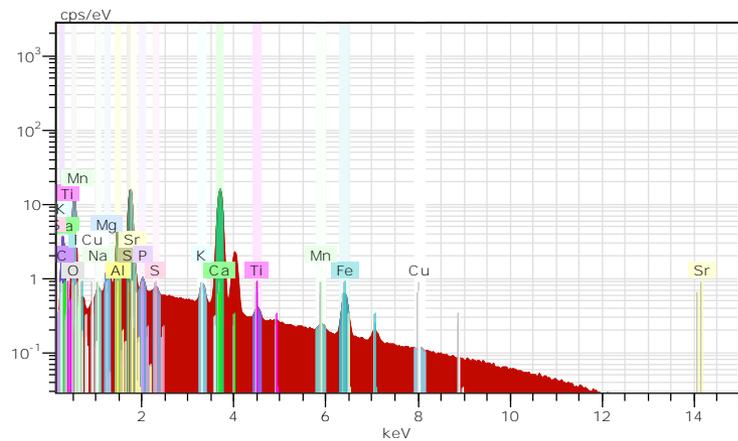
TM3030Plus5520 2019/08/09 15:49 HM D8.7 x500 200 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios

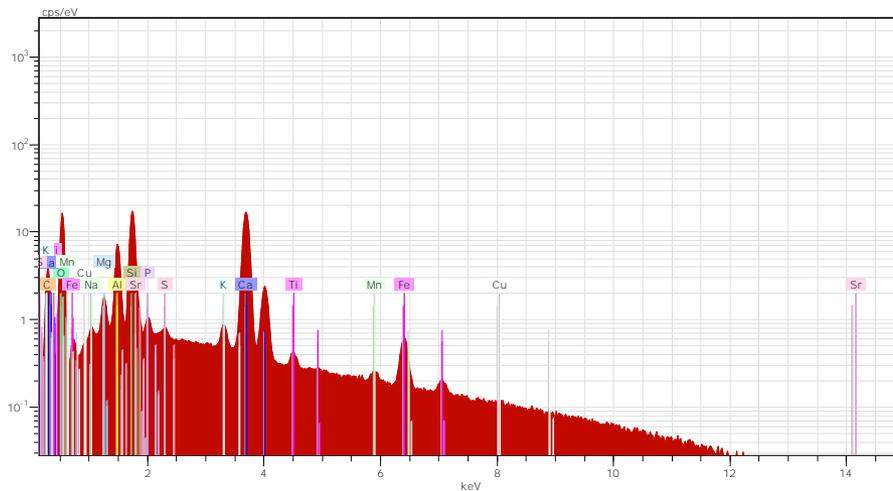


TM3030Plus6611 2020/01/29 11:52 NL UD9.1 x300 300 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental

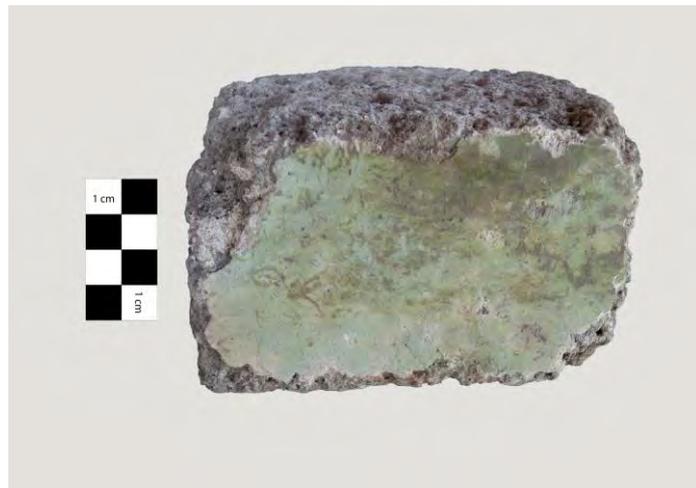


SEM-EDS. Análisis puntual

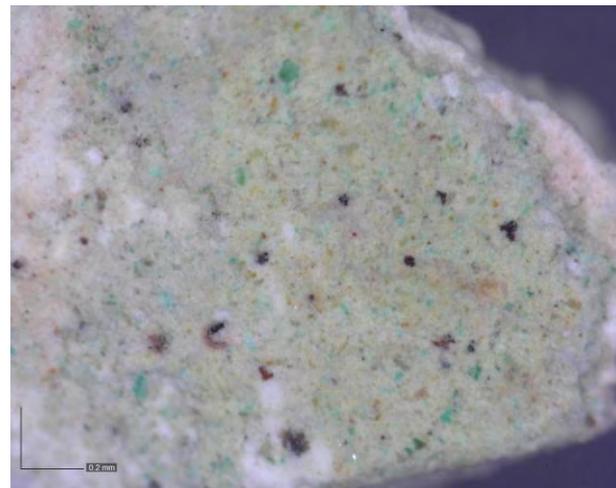


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	52,67
Calcio	22,94
Carbono	14,82
Silicio	10,63
Aluminio	4,22
Hierro	2,26
Estroncio	1,30
Magnesio	0,84
Potasio	0,41
Fósforo	0,29

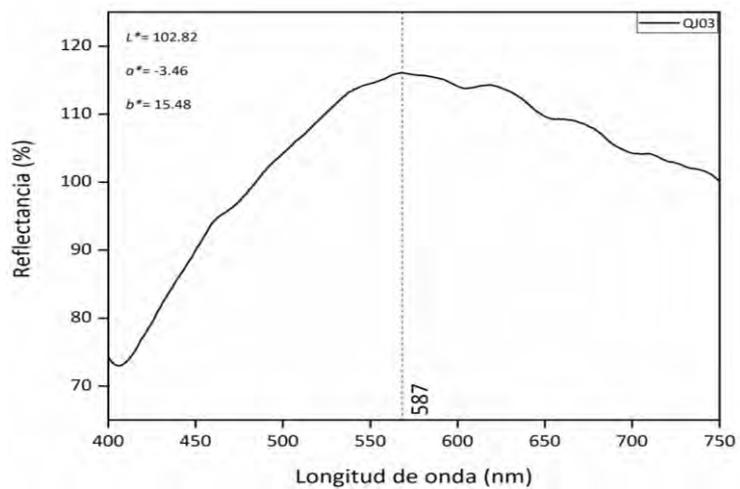
Muestra QJ03



Microscopía óptica 220X

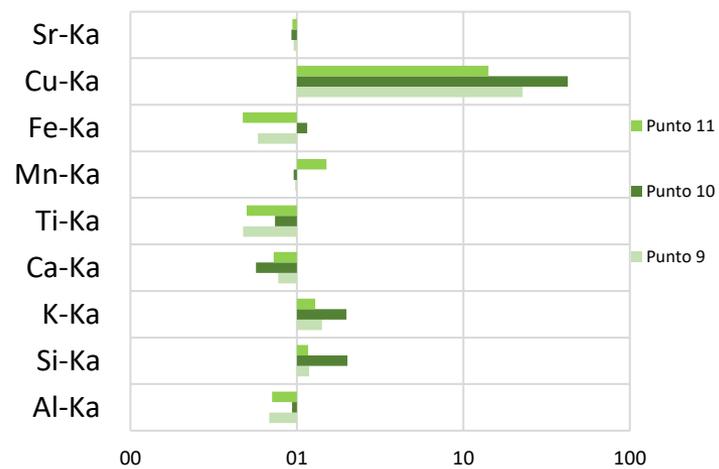


Espectrocolorimetría RUBY



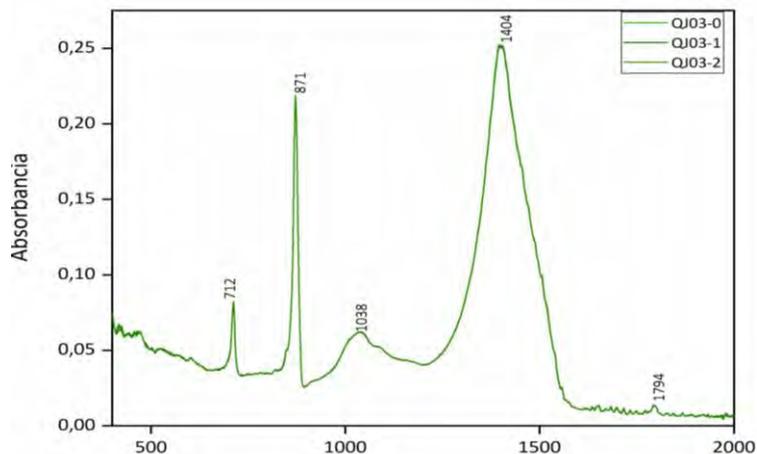
Máx. de reflectancia: 587 nm

Fluorescencia de Rayos X



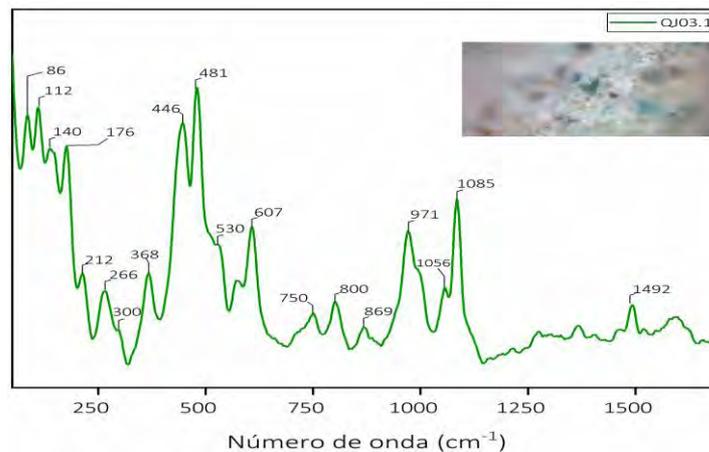
Els. químicos relevantes: Cu

Espectroscopía Infrarroja



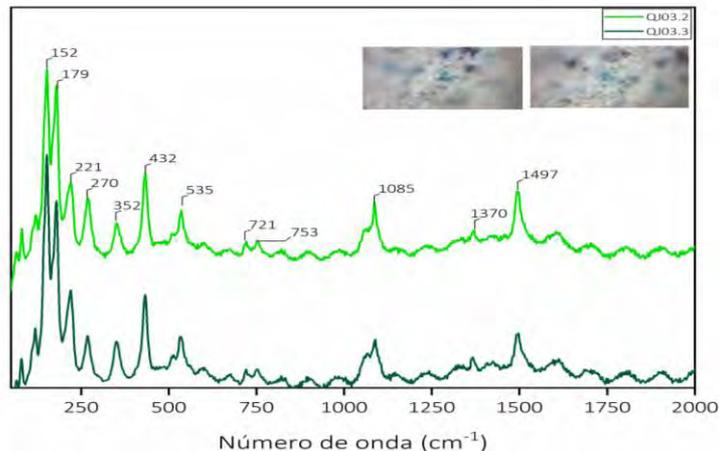
Calcita: 712, 871, 1408, 1794 **aluminosilicato:** 1038 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)



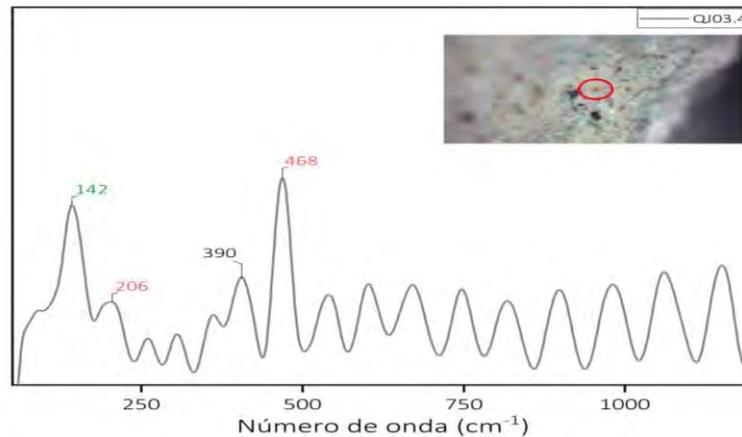
Pseudomalaquita: 86, 112, 140, 176, 212, 266, 300, 368, 446, 481, 530, 607, 750, 800, 869, 971, 1056 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)



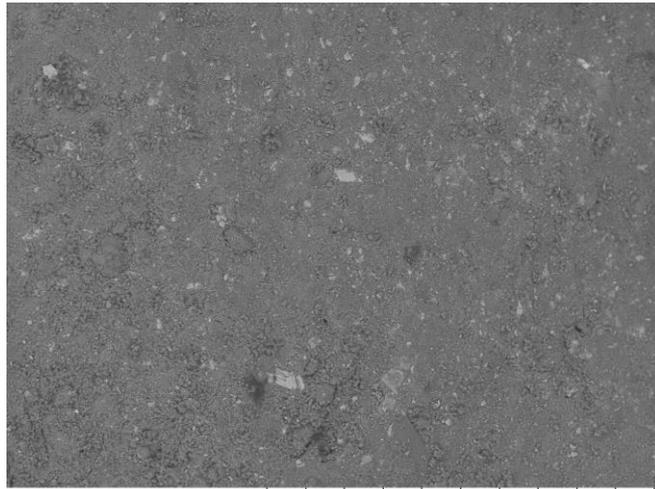
Malaquita: 152, 179, 221, 270, 352, 432, 535, 721, 753, 1085, 1370, 1497 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)



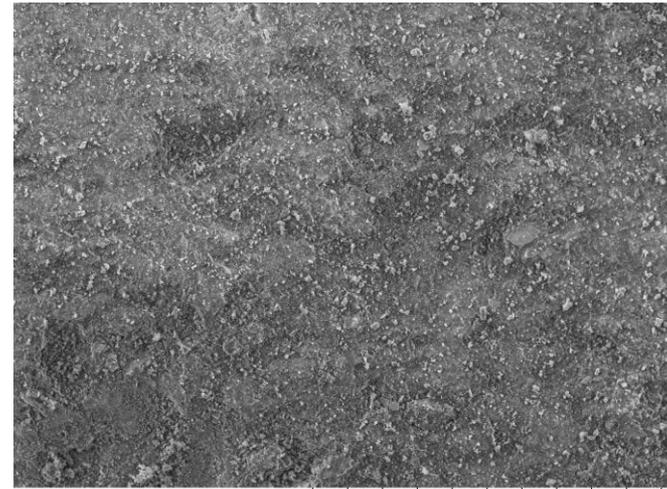
Goethita: 390; **cuarzo:** 468, 206; **anatasa:** 142 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



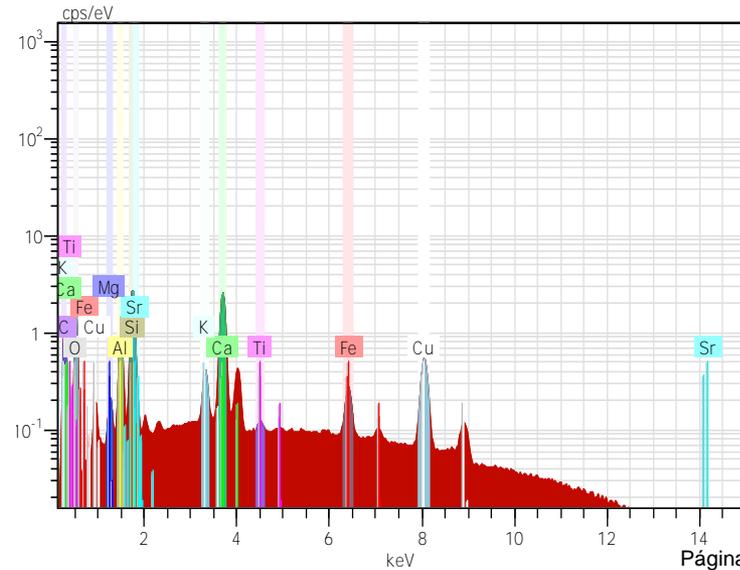
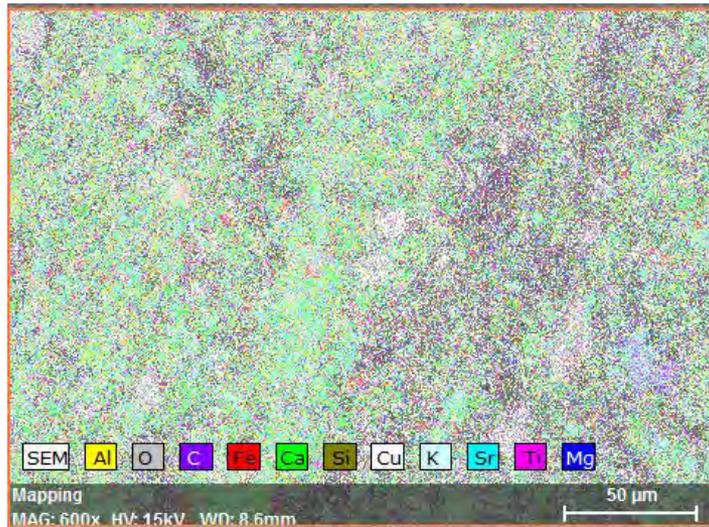
TM3030Plus5509 2019/08/09 11:54 HM D8.6 x200 500 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios

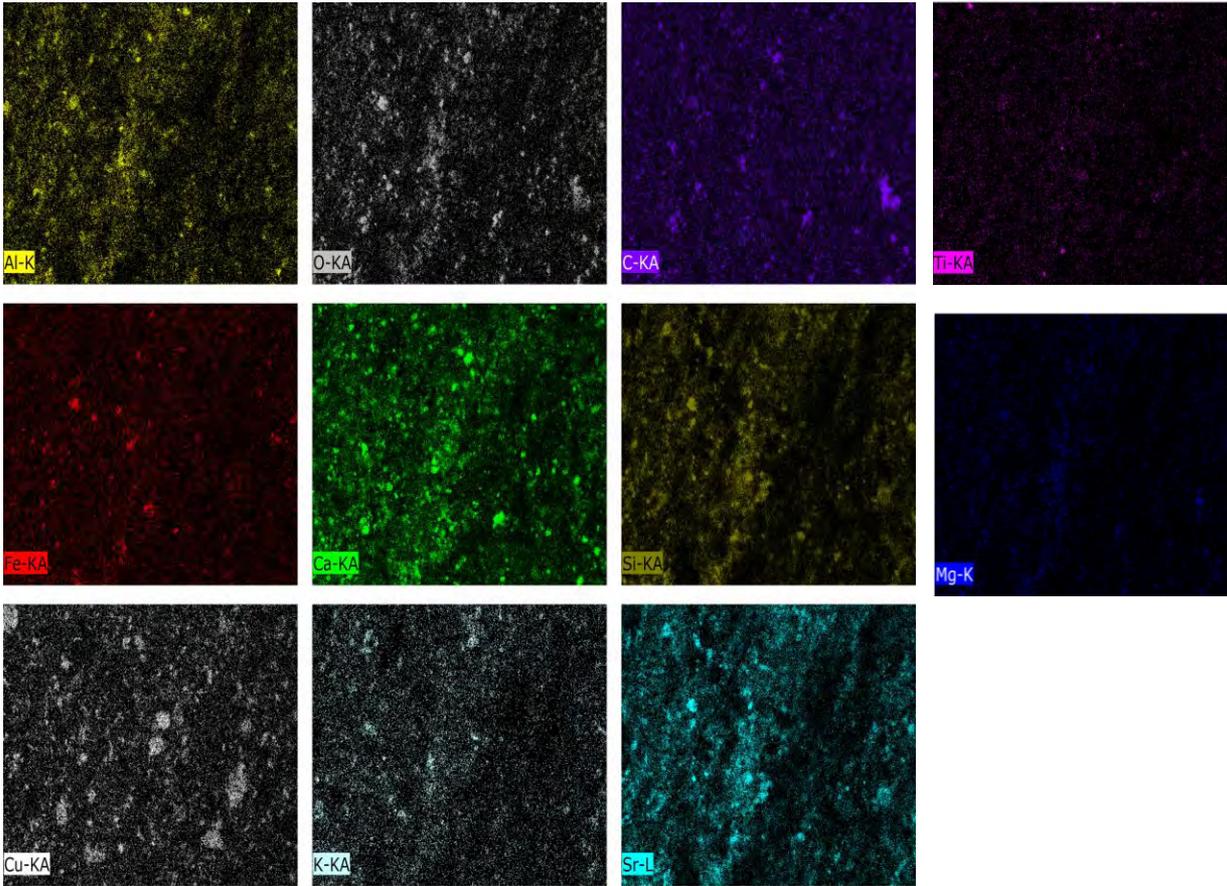


TM3030Plus6623 2020/01/29 12:10 NL UD8.7 x300 300 μm

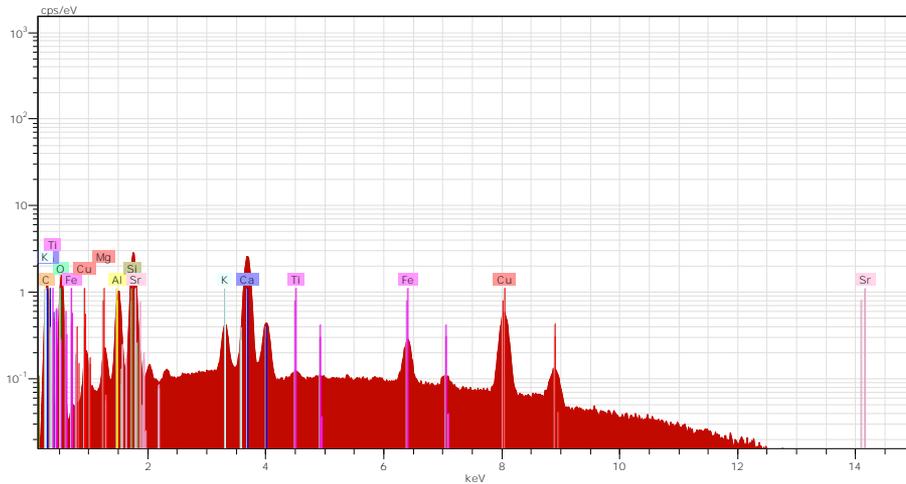
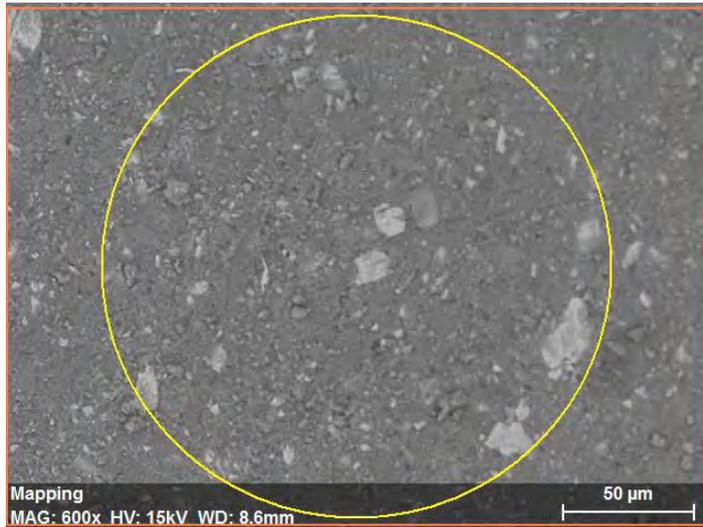
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental

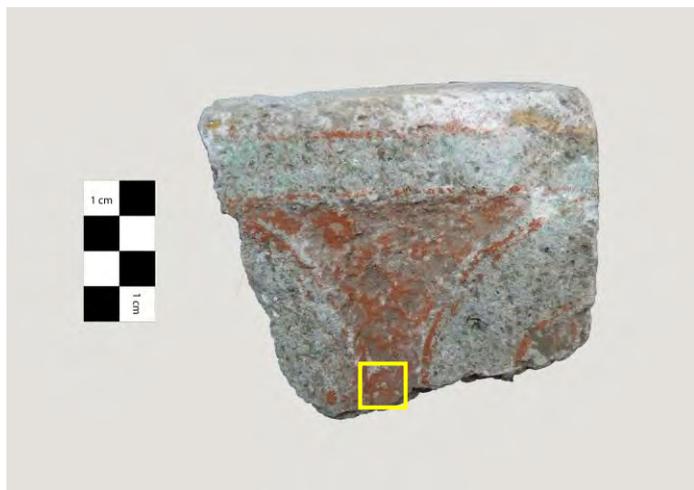


SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	wt % normalizado
Carbono	18,33
Oxígeno	17,50
Calcio	14,33
Silicio	11,76
Cobre	11,66
Aluminio	3,95
Hierro	2,24
Potasio	1,46
Estroncio	1,20
Magnesio	0,51

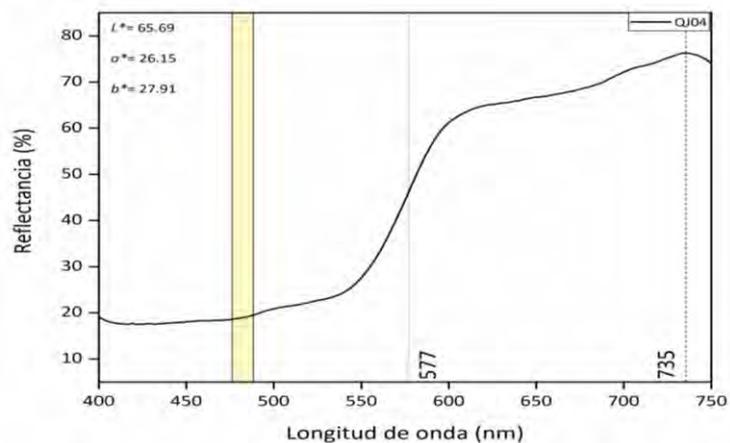
Muestra QJ04



Microscopía óptica 220X

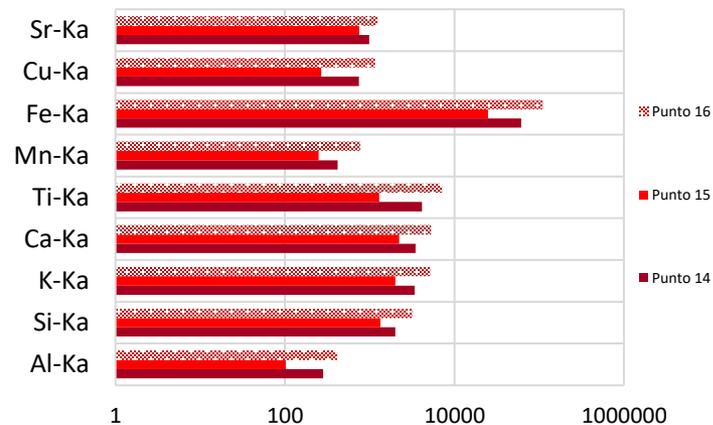


Espectrocolorimetría RUBY



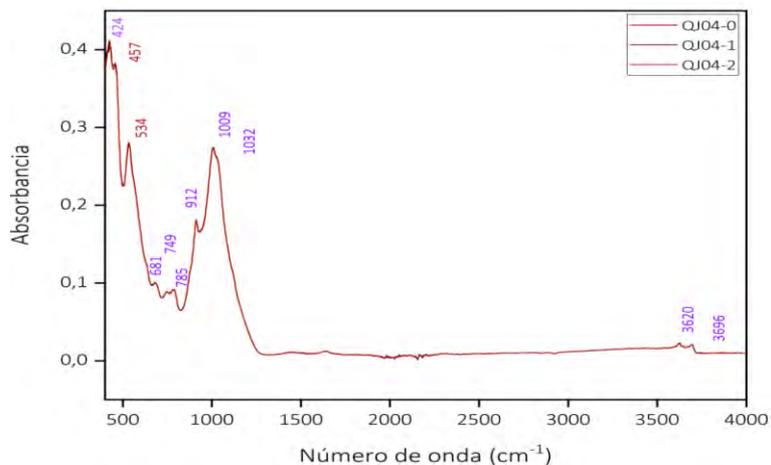
Pto. de inflexión : 577 nm; Máx. de reflectancia: 735 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



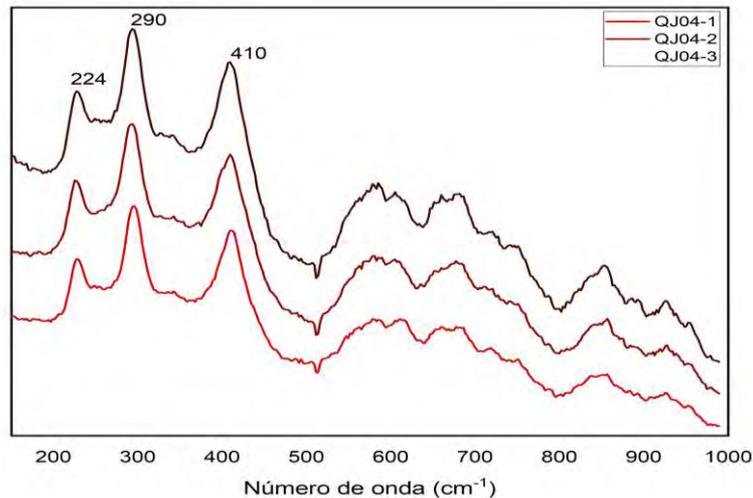
Els. químicos relevantes: Fe, Ca, Al, Si

Espectroscopía Infrarroja



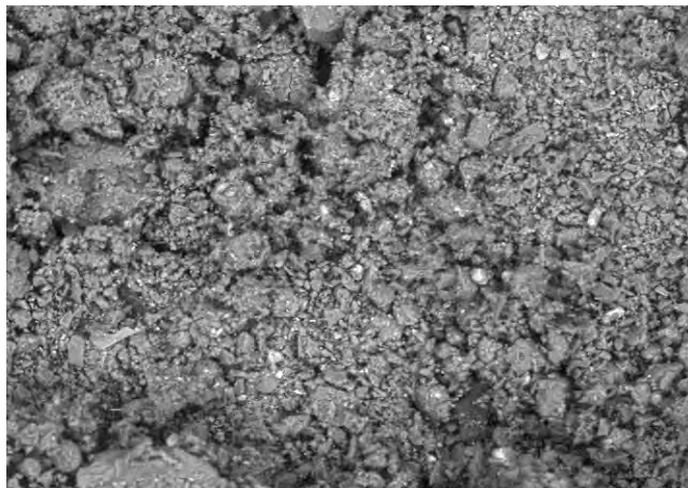
Óxidos de hierro: 457, 534; **caolinita:** 424, 681, 749, 785, 912, 1009, 1032, 3620, 3696 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)



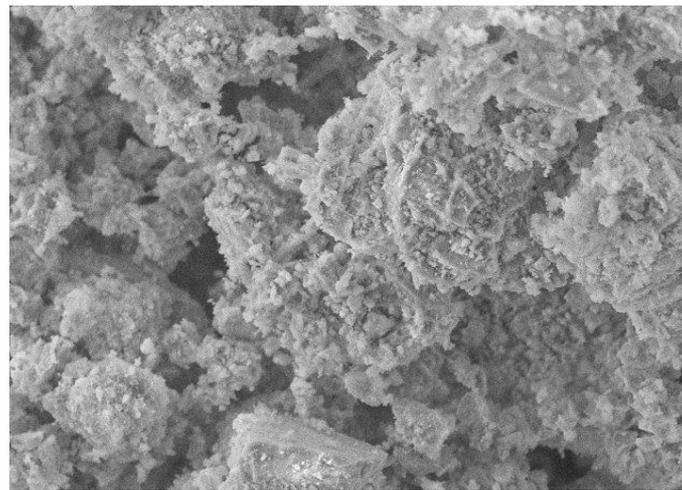
Hematita: 224, 290, 410 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



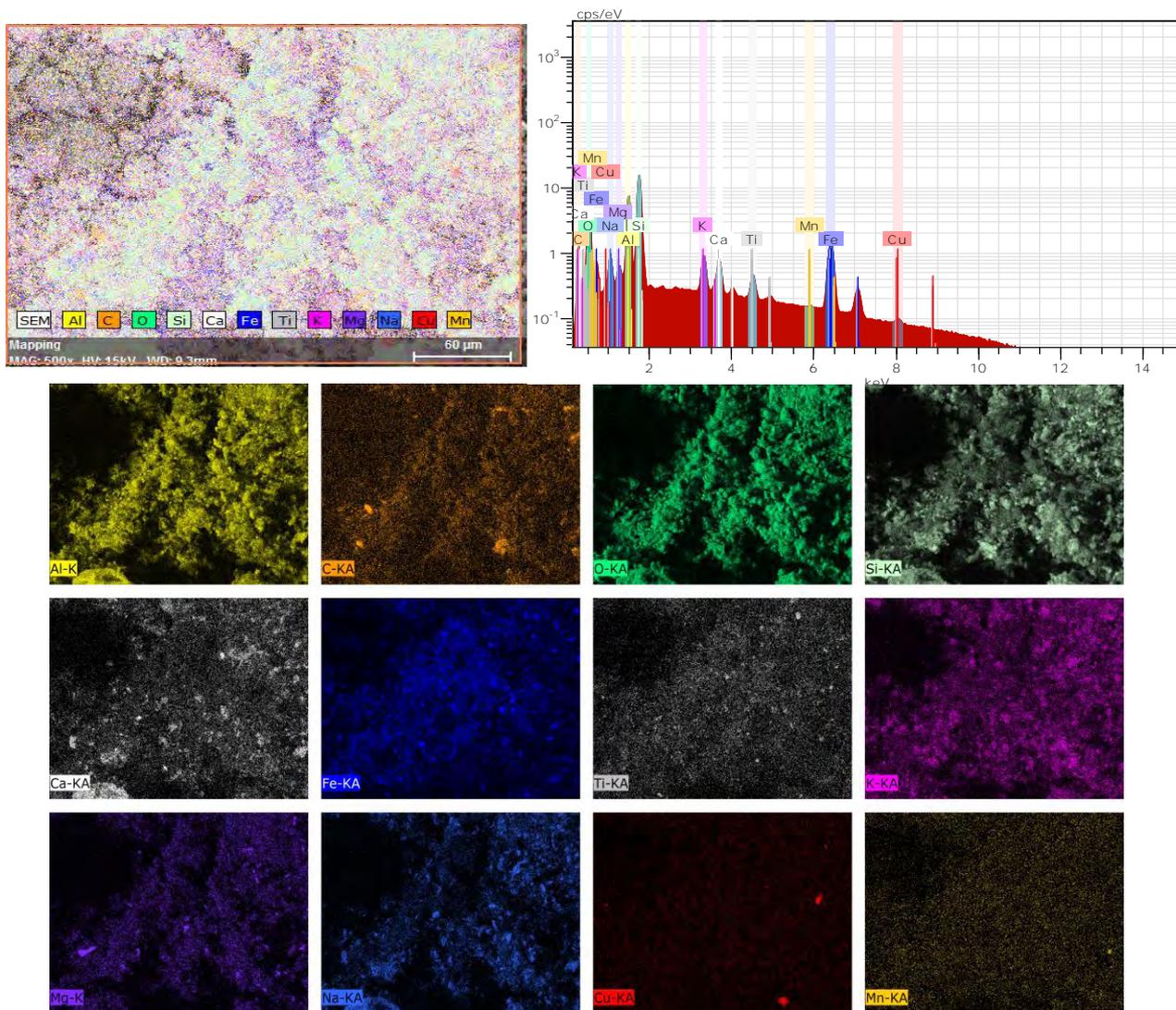
TM3030Plus5563 2019/08/14 16:30 HM D9.3 x500 200 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios

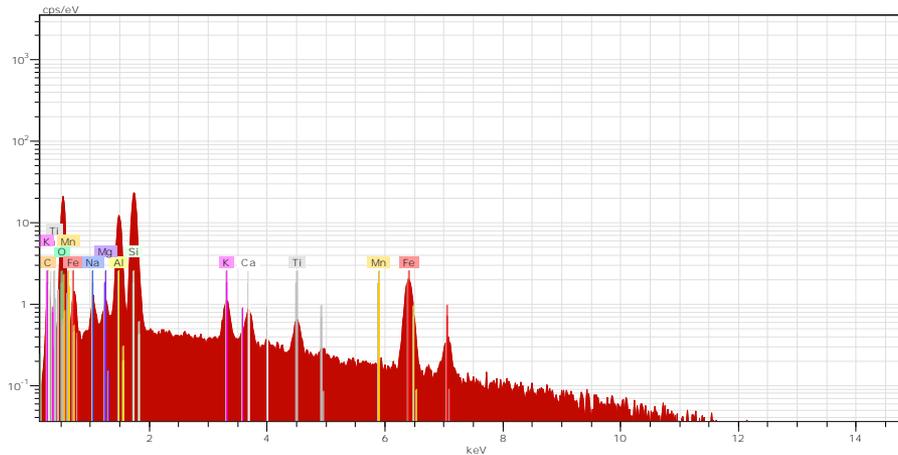


TM3030Plus6865 2020/02/12 13:00 NL UD9.0 x1.0k 100 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental

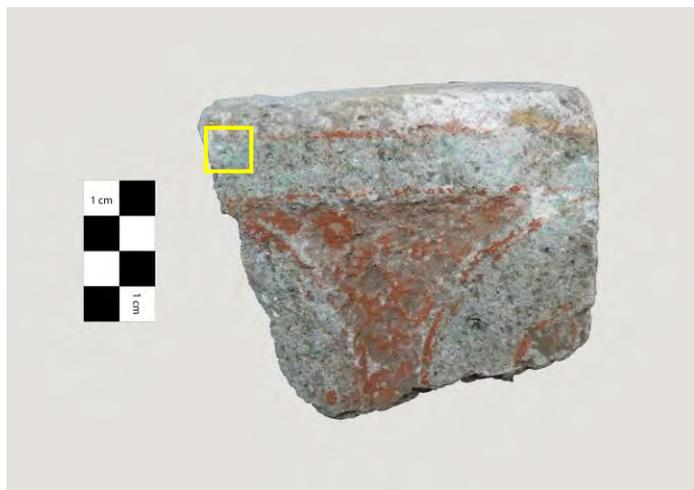


SEM-EDS. Análisis puntual

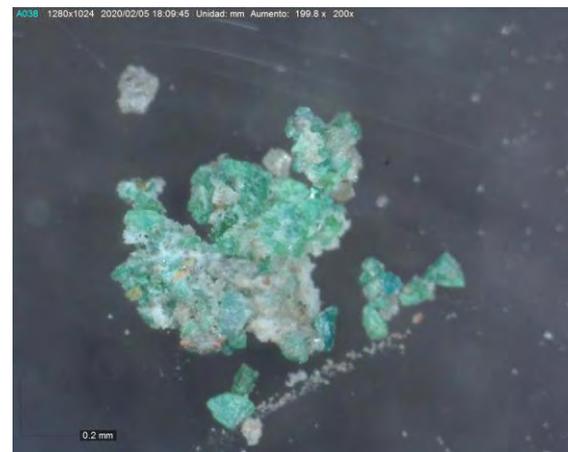


Elemento	[wt.%p]
Oxigeno	50,03
Silicio	20,39
Hierro	11,11
Aluminio	9,94
Carbono	9,93
Potasio	1,14
Sodio	1,13
Calcio	0,93
Titanio	0,91
Magnesio	0,54
Manganeso	0,14
Total	106.21

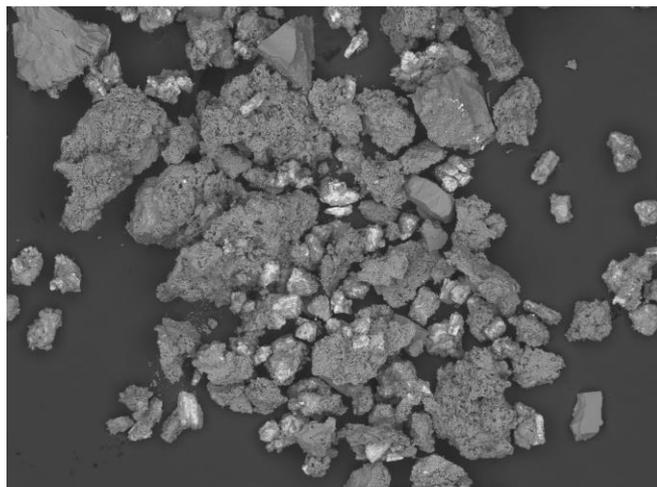
Muestra QJ05



Microscopía óptica 200X

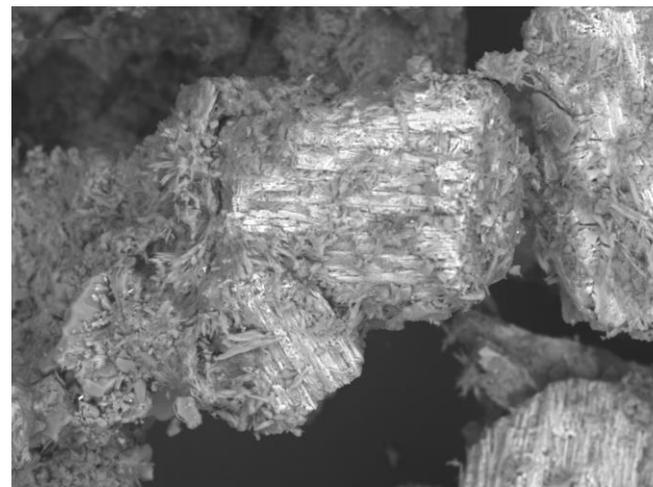


SEM-EDS. Electrones retrodispersados



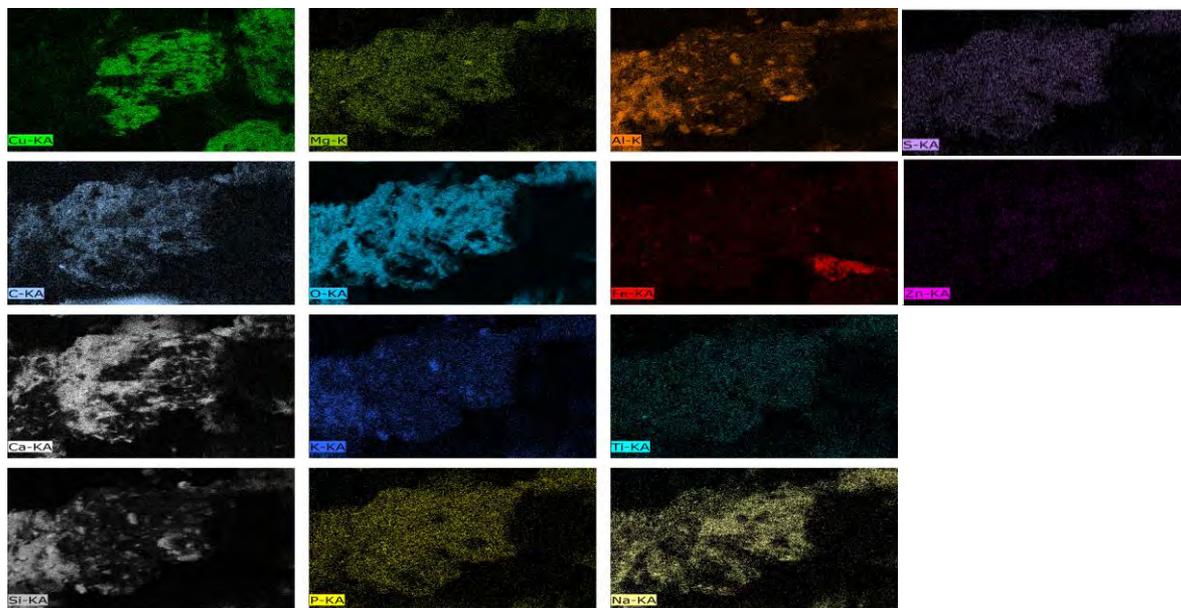
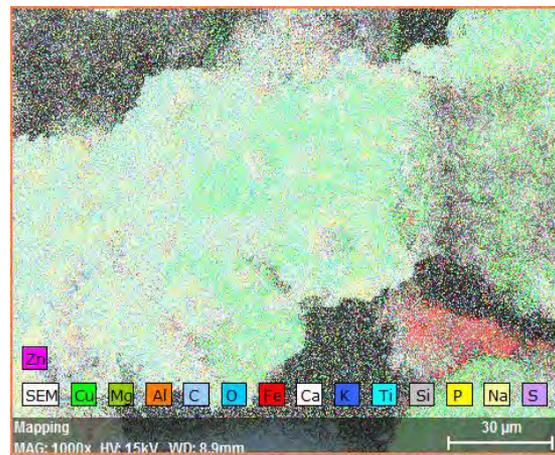
TM3030Plus4996 2019/04/04 13:07 HM D8.9 x100 1 mm

SEM-EDS. Electrones secundarios

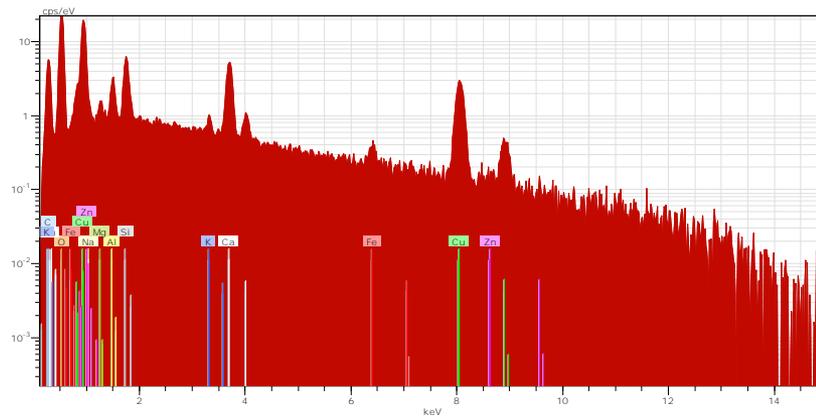


TM3030Plus4999 2019/04/04 13:47 HM D8.9 x1.0k 100 µm

SEM-EDS. Mapeo elemental

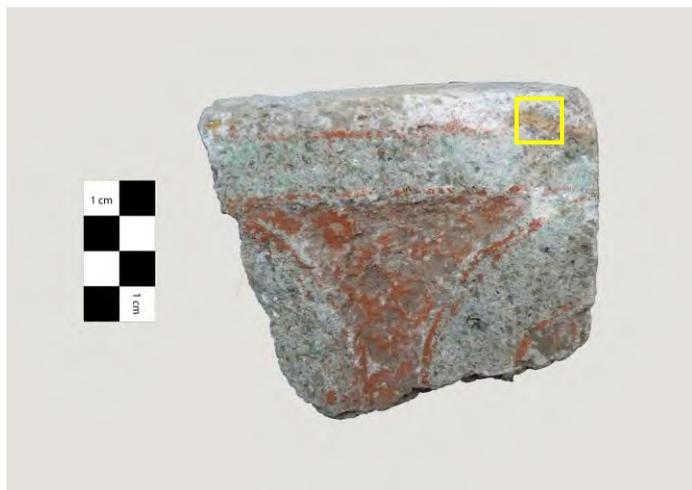


SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	[wt.%p]
Oxígeno	43,15
Cobre	27,61
Carbono	17,28
Calcio	6,02
Silicio	3,40
Aluminio	1,61
Magnesio	0,79
Zinc	0,76
Hierro	0,73
Potasio	0,33
Total	104.56

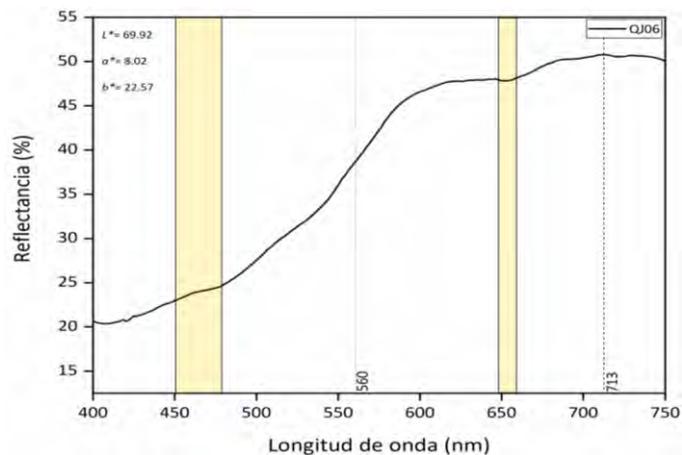
Muestra QJ06



Microscopía óptica 220X

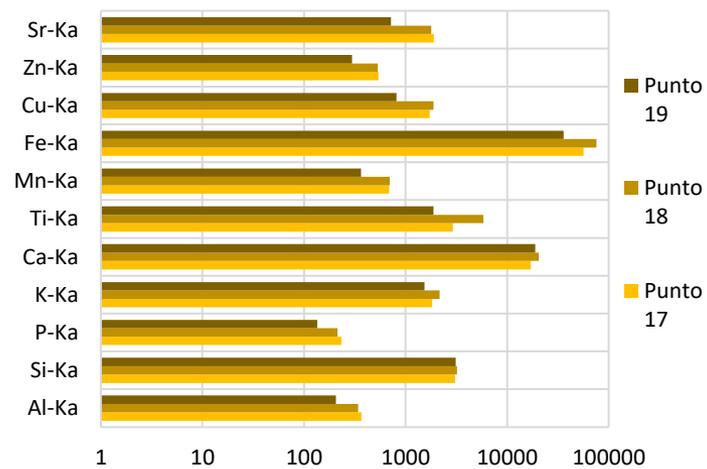


Espectrocolorimetría RUBY



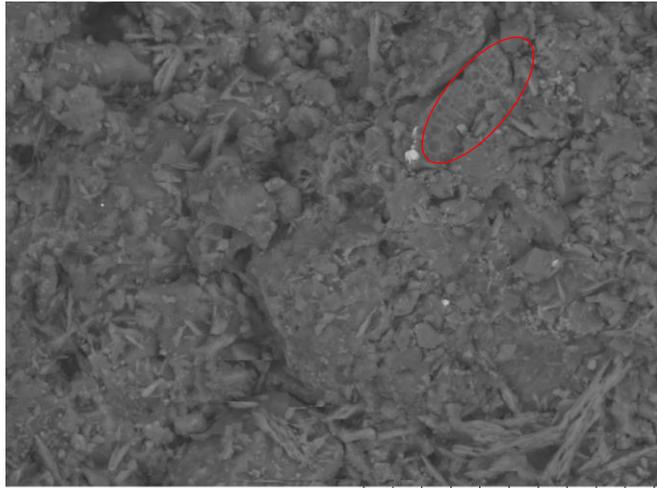
Pto. de inflexión: 560 nm; **Máx. de reflectancia:** 609 nm;
banda absorción: \pm 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Fluorescencia de Rayos X



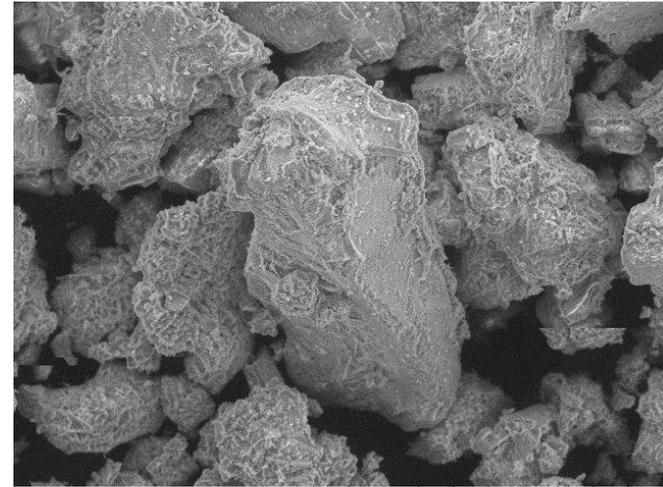
Els. químicos relevantes: Fe, Ca, Al, Si

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (posible diatomea)



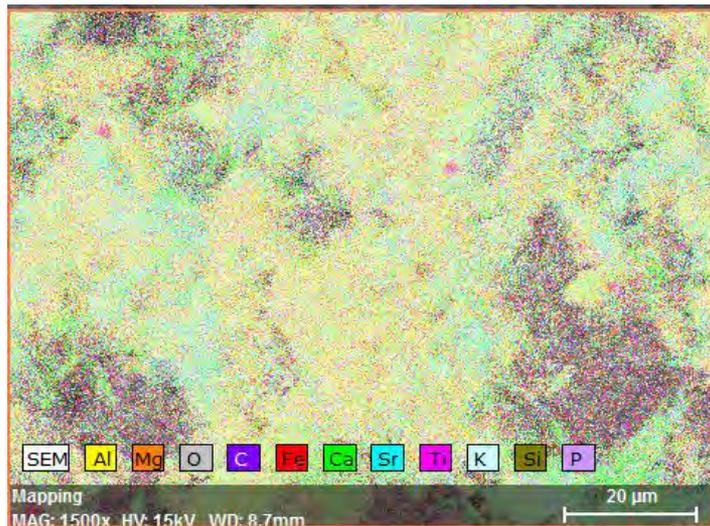
TM3030Plus5504 2019/08/09 11:32 HM D8.7 x1.5k 50 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios

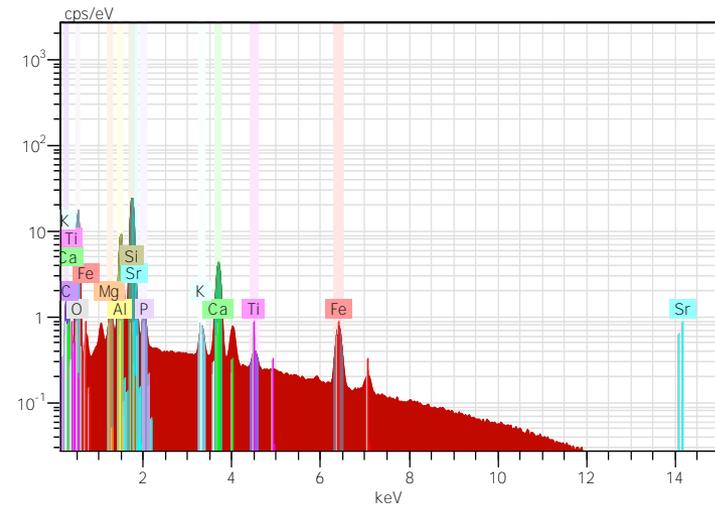


TM3030Plus6869 2020/02/12 13:06 NL UD9.1 x300 300 µm

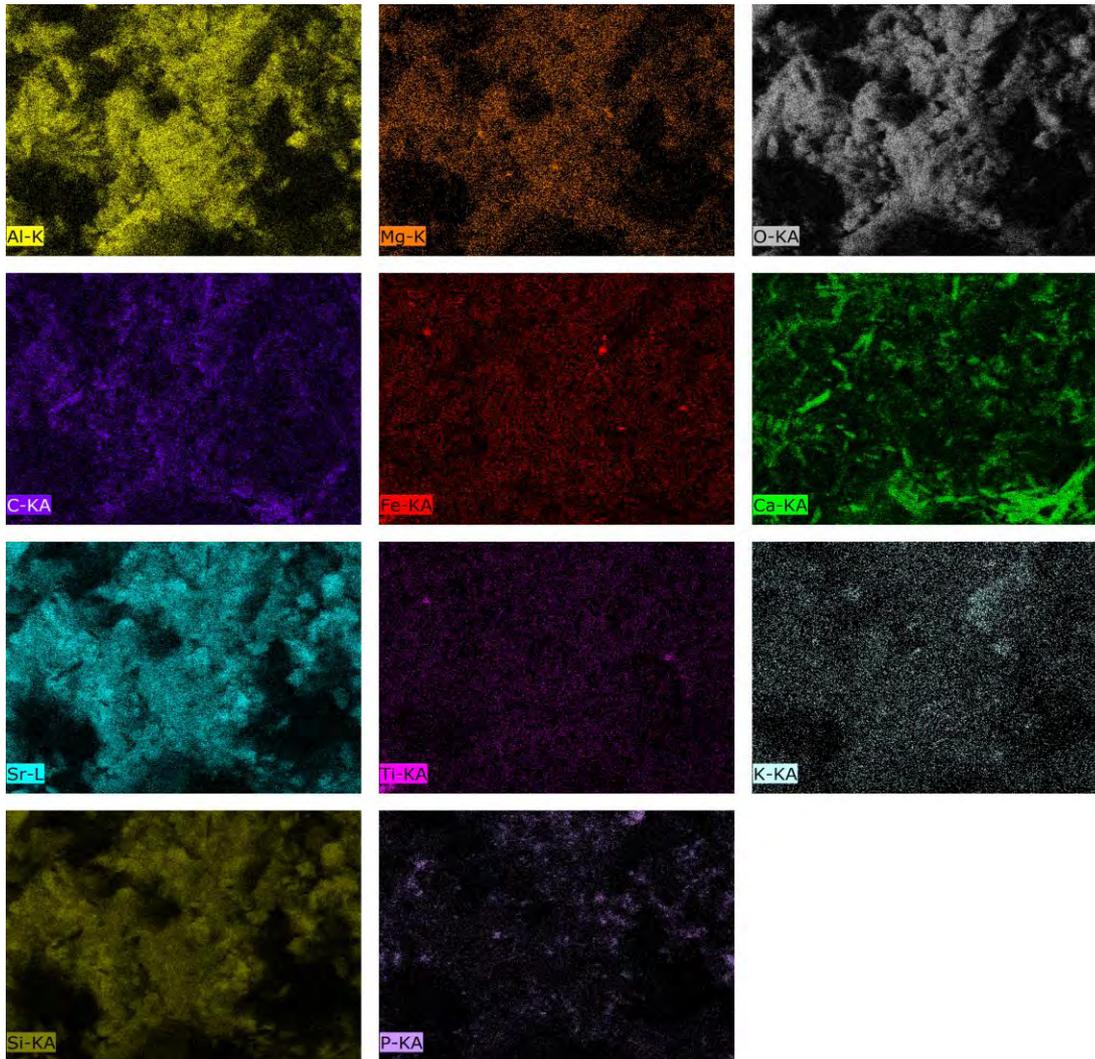
SEM-EDS. Mapeo elemental



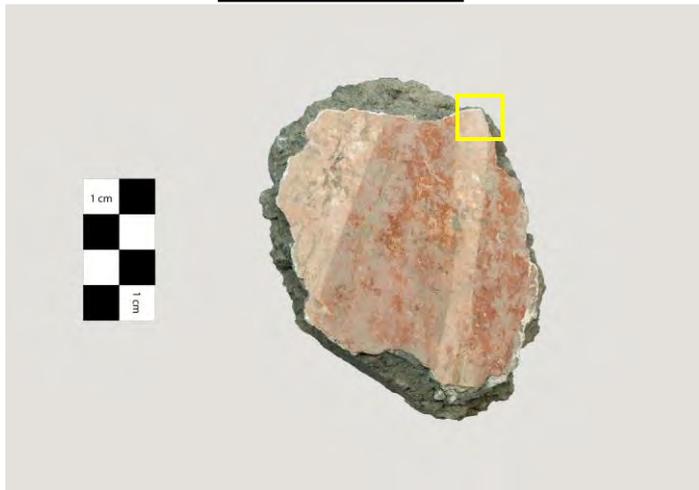
SEM-EDS. Mapeo elemental



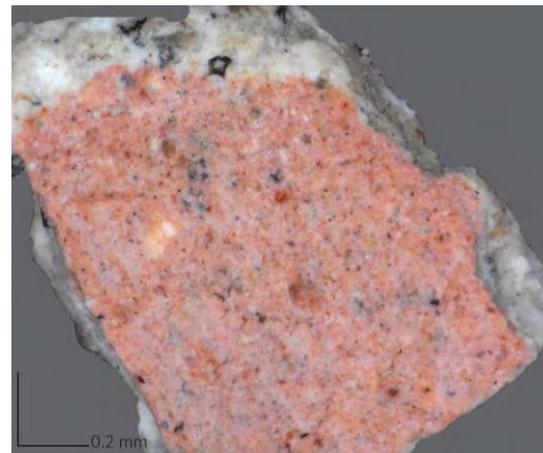
SEM-EDS. Mapeo elemental



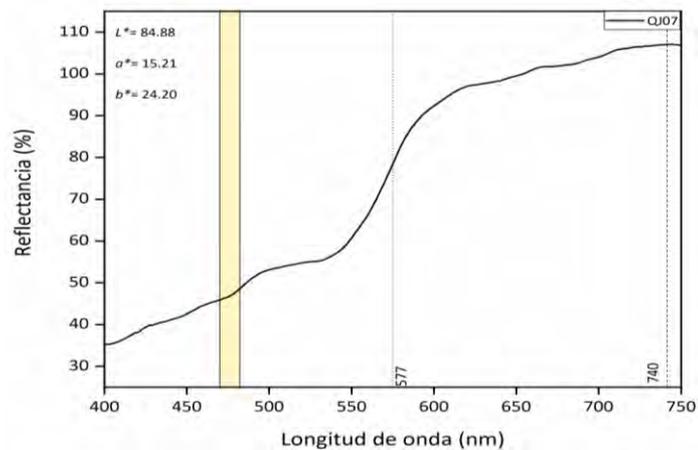
Muestra QJ07



Microscopía óptica 220X

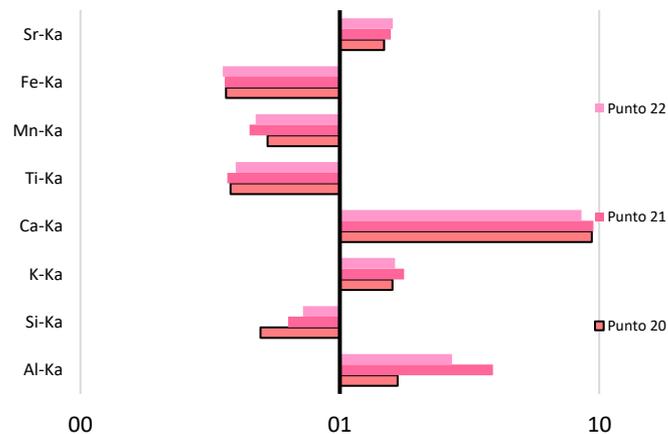


Espectrocolorimetría RUBY



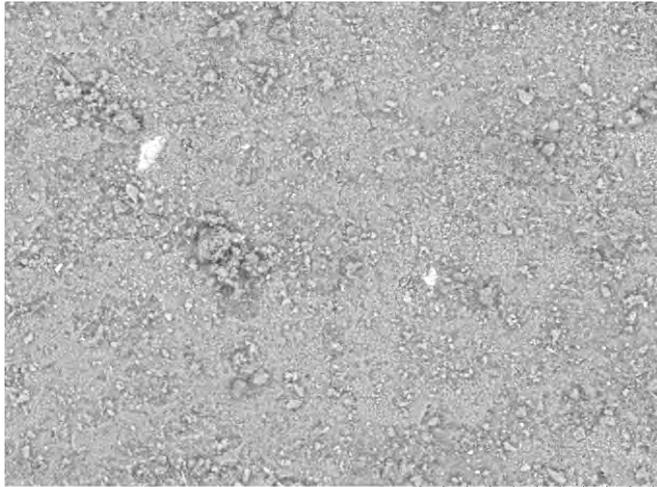
Pto. de inflexión : 577 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm;
banda absorción: \pm 490

Fluorescencia de Rayos X



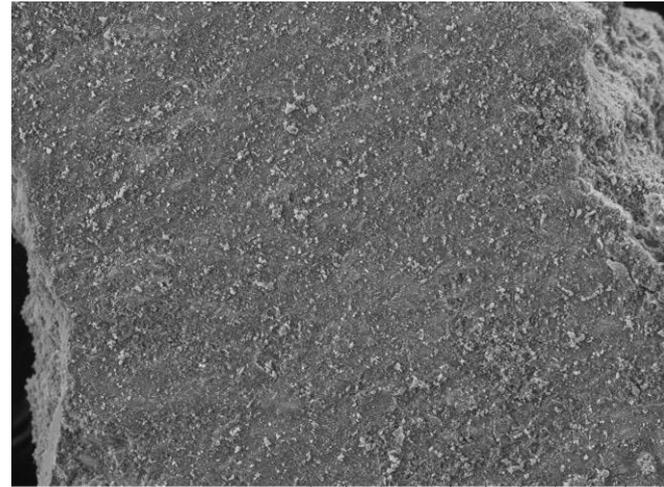
Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



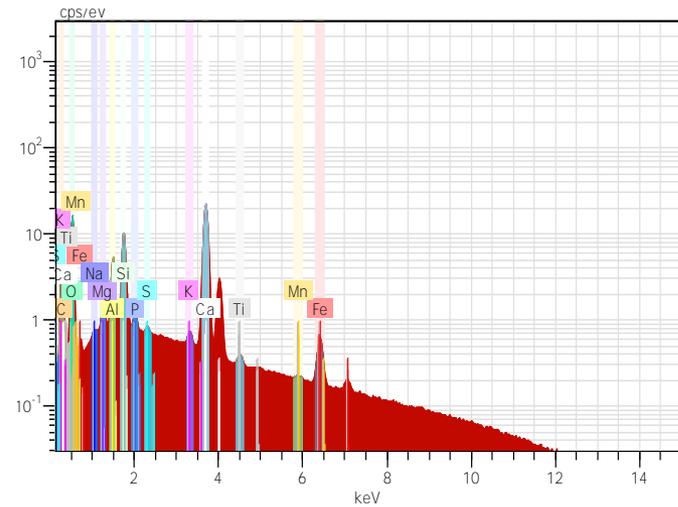
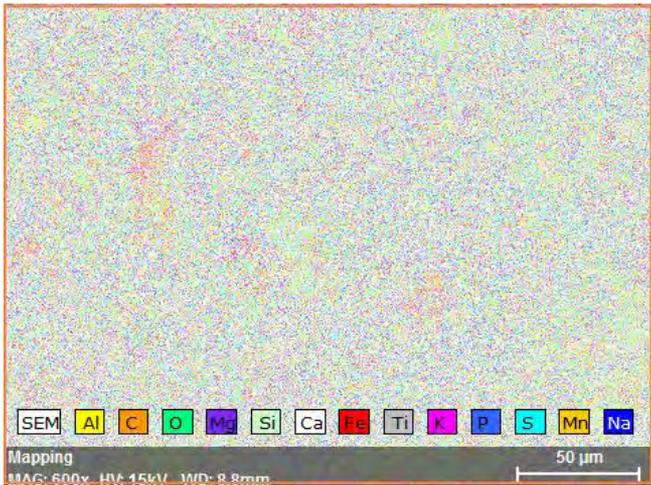
TM3030Plus5546 2019/08/14 11:42 HM D8.8 x600 100 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios

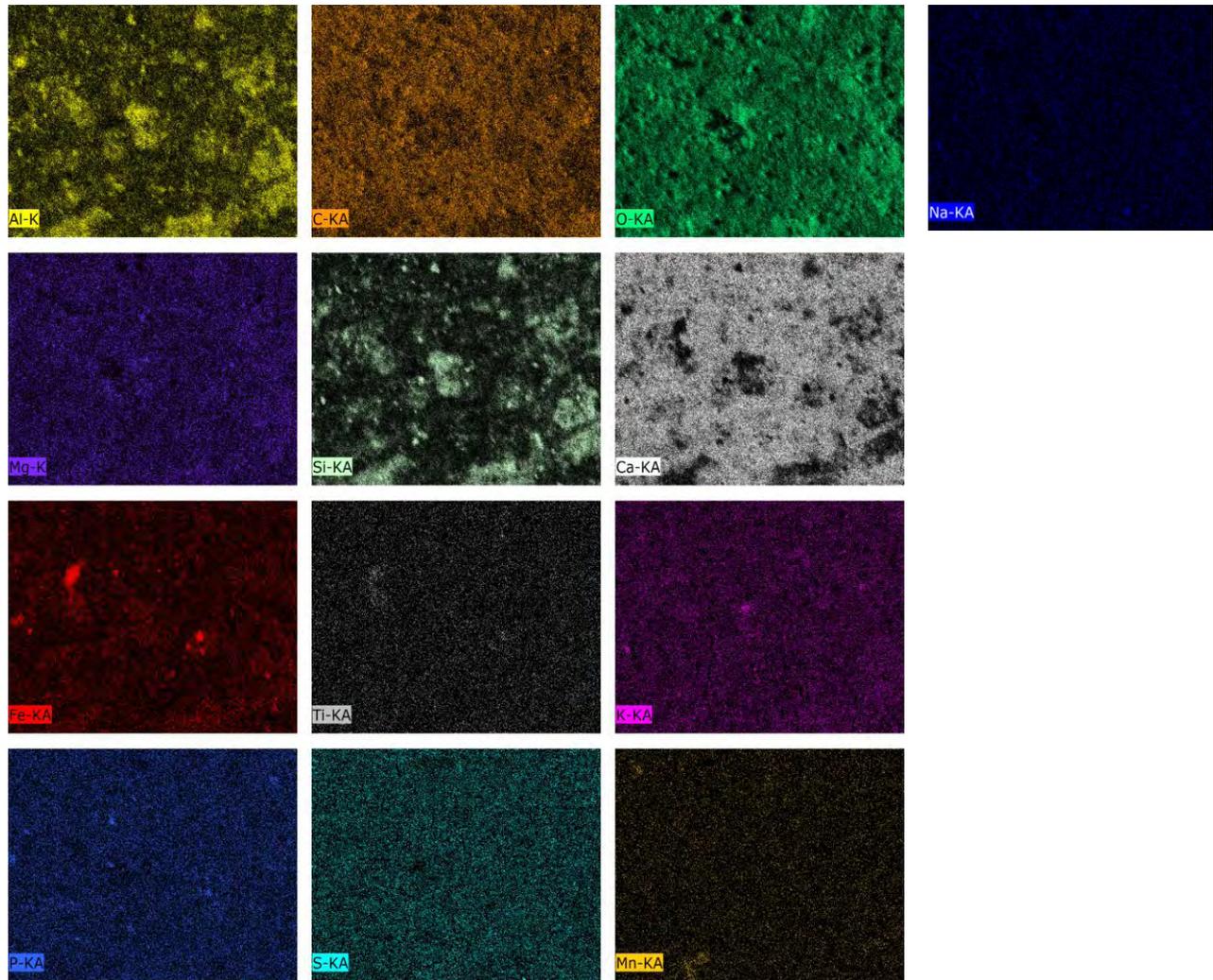


TM3030Plus6629 2020/01/29 12:40 NL UD8.8 x300 300 µm

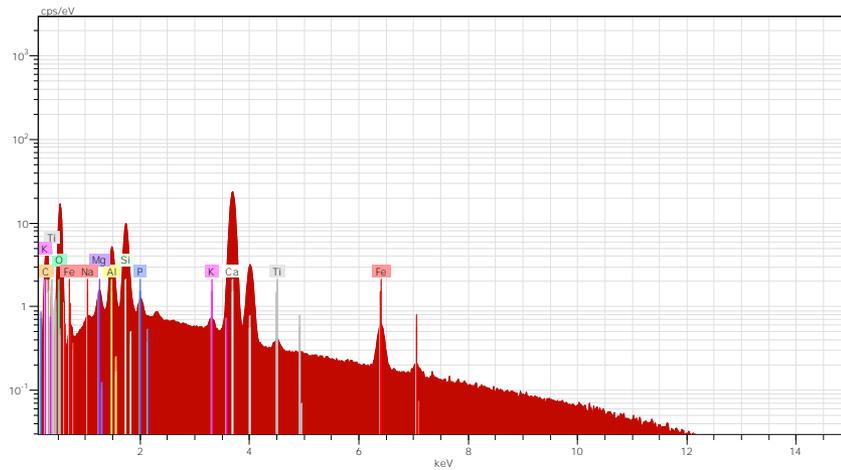
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

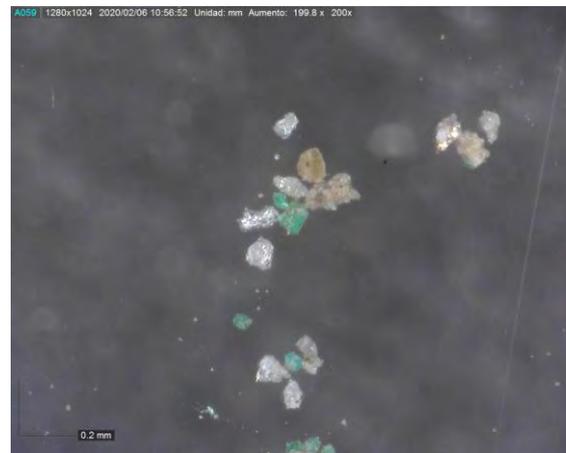


Elemento	[wt.%p]
Oxigeno	49,59
Calcio	25,87
Carbono	15,50
Silicio	5,75
Aluminio	2,75
Hierro	1,73
Magnesio	0,51
Fósforo	0,29
Potasio	0,18
Sodio	0,18
Titanio	0,17

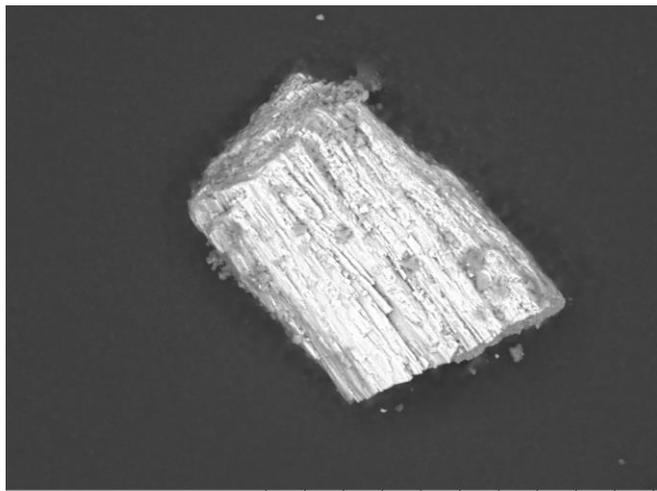
Muestra QJ08



Microscopía óptica 200X

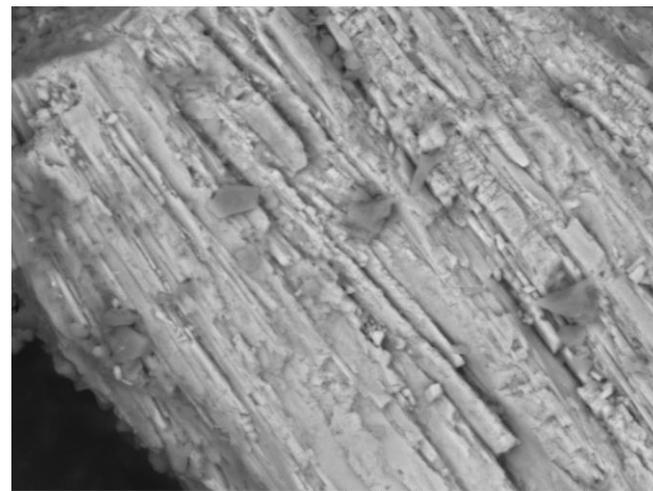


SEM-EDS. Electrones retrodispersados



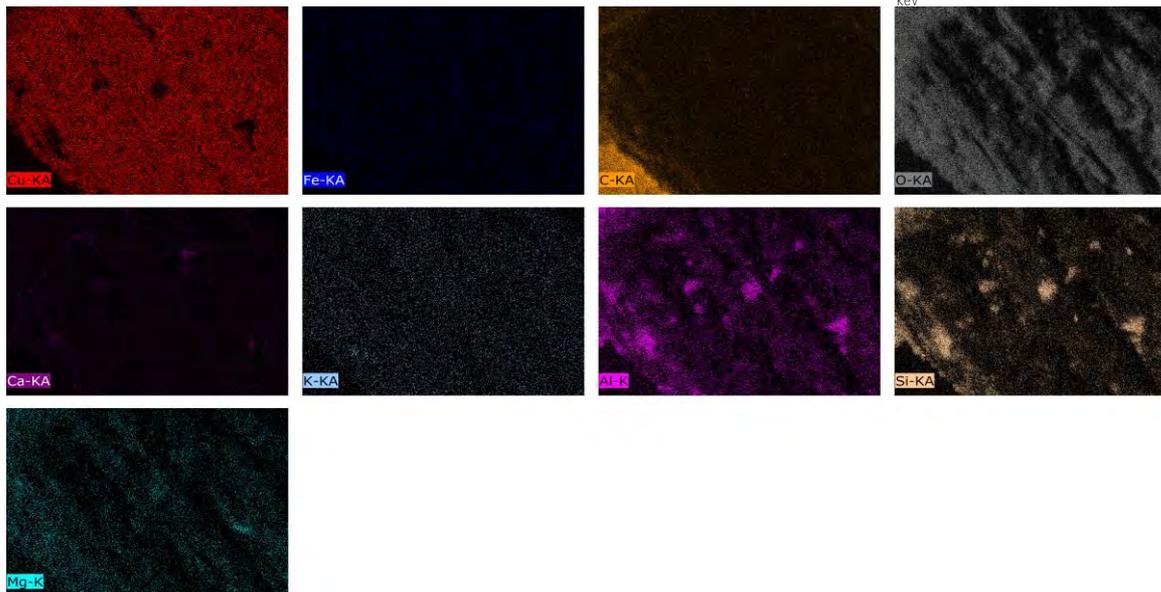
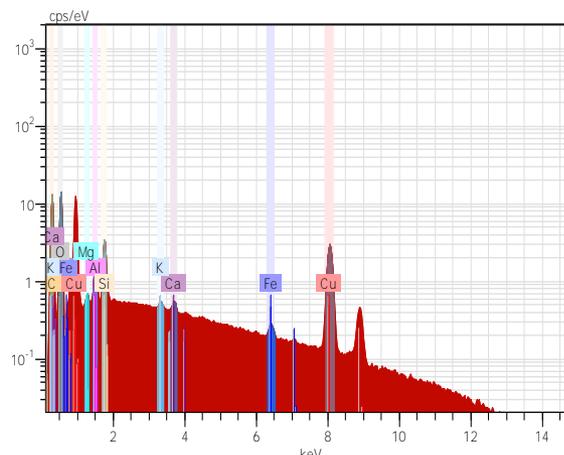
TM3030Plus5692 2019/09/11 11:31 HL D8.0 x1.0k 100 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios

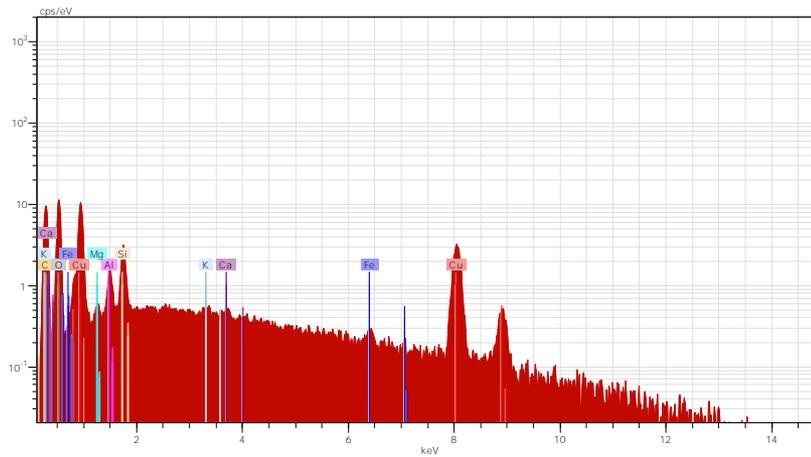


TM3030Plus5693 2019/09/11 11:32 HL D8.0 x3.0k 30 µm

SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

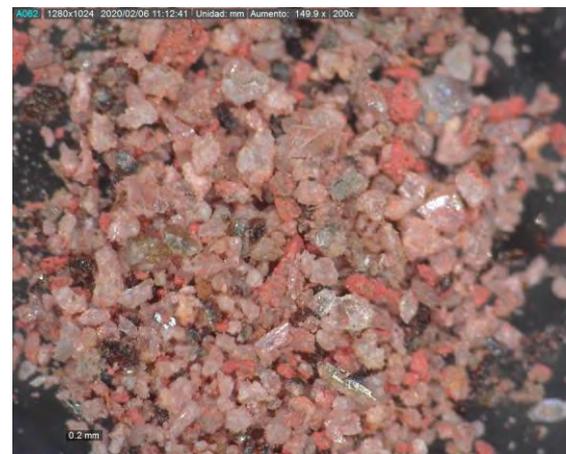


Elemento	wt % normalizado
Cobre	34,33
Carbono	33,77
Oxígeno	26,92
Silicio	2,75
Aluminio	1,26
Hierro	0,38
Magnesio	0,28
Calcio	0,15
Potasio	1,11

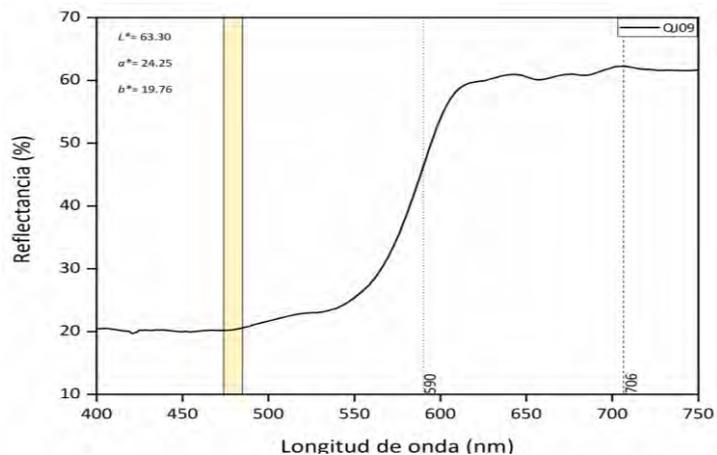
Muestra QJ09



Microscopía óptica 220X

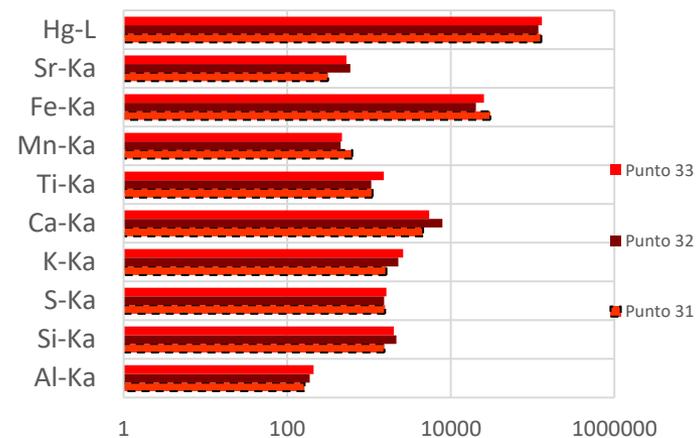


Espectrocolorimetría RUBY



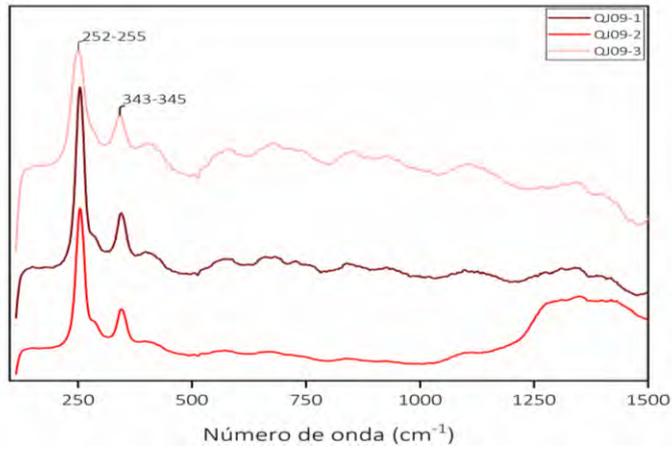
Pto. de inflexión : 577 nm; **Máx. de reflectancia:** 740 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



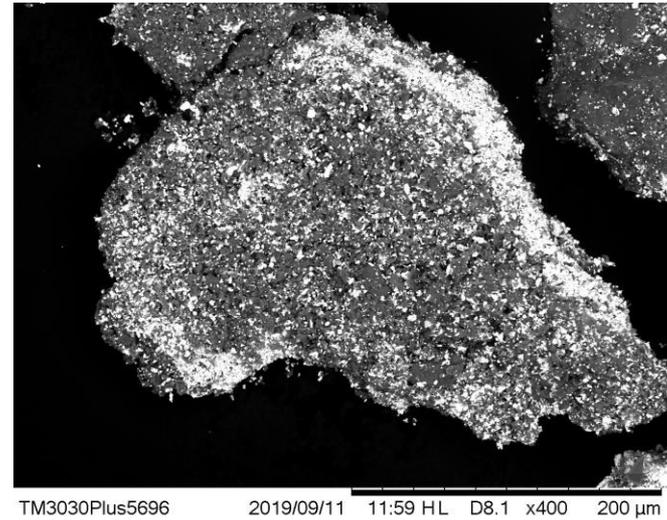
Els. químicos relevantes: Hg, S, Fe, Si, Al,

Espectroscopía Raman (20X)

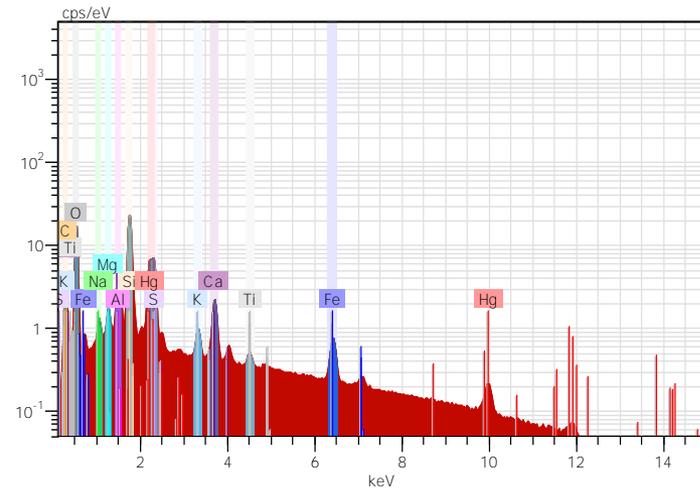
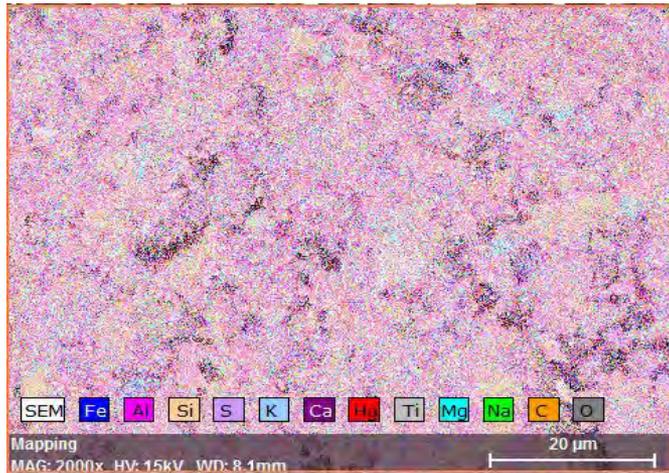


Cinabrio: 252-255, 343-345 cm⁻¹

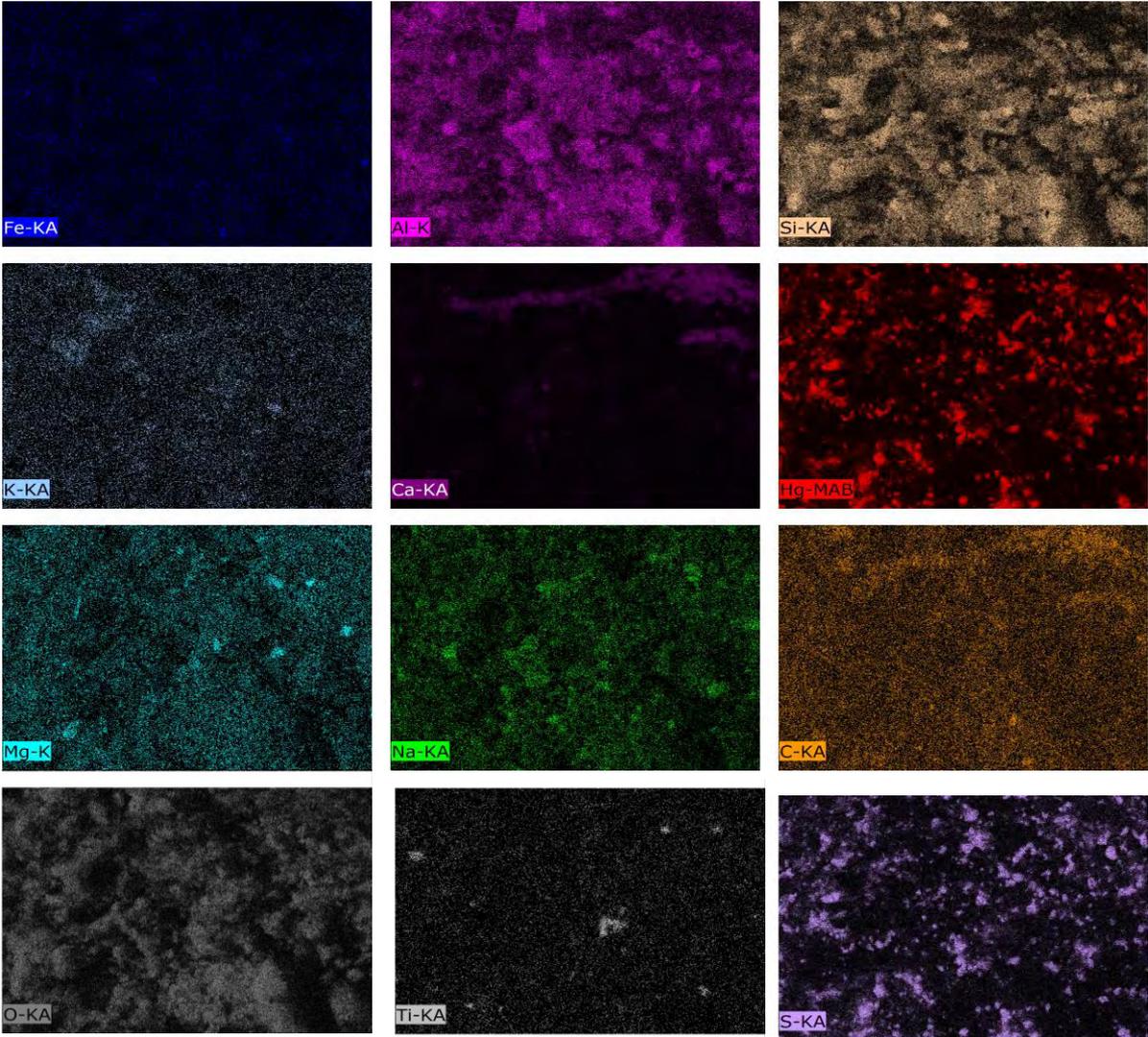
SEM-EDS. Electrones retrodispersados



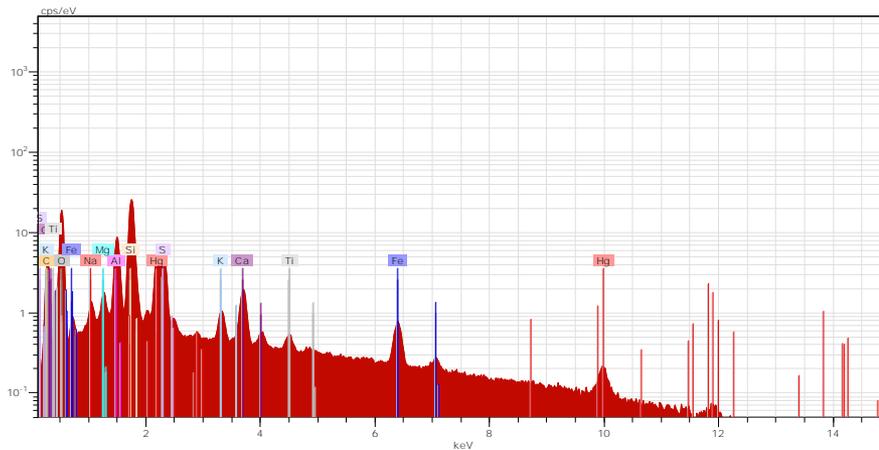
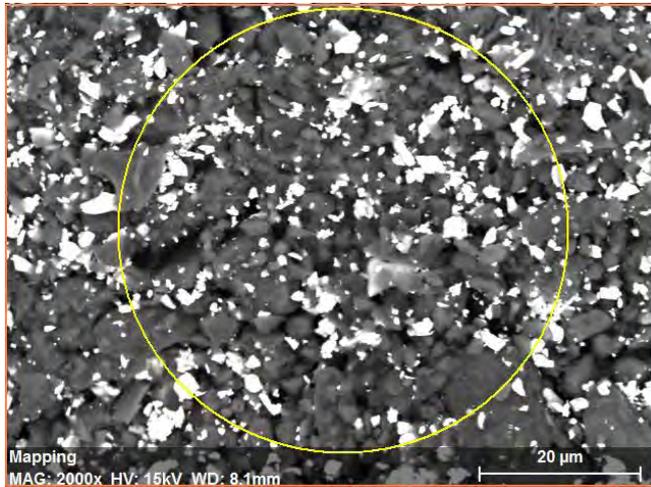
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	[wt.%p]
Oxigeno	30,31
Silicio	14,25
Carbono	12,20
Mercurio	11,06
Aluminio	4,29
Hierro	2,87
Azufre	2,42
Calcio	2,17
Potasio	0,57
Magnesio	0,48
Titanio	0,36

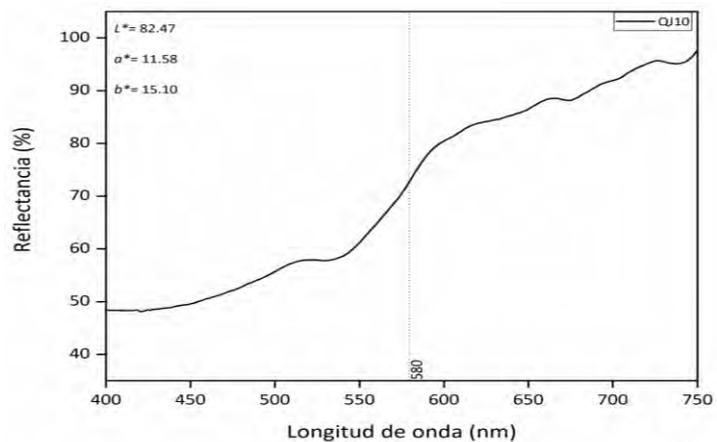
Muestra QJ10



Microscopía óptica 150X

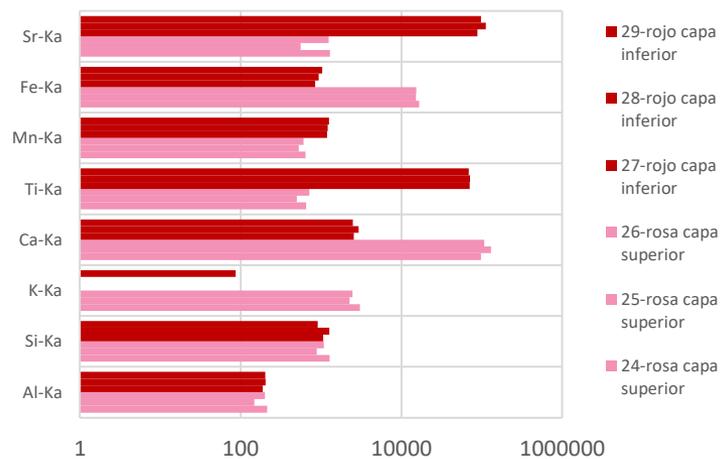


Espectrocolorimetría RUBY



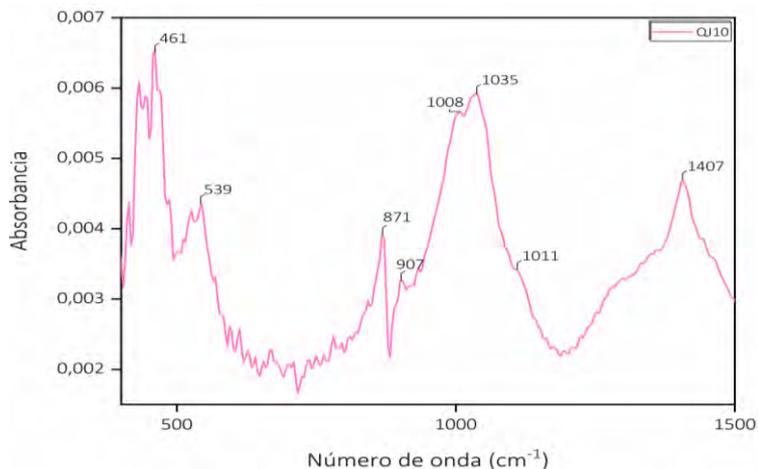
Pto. de inflexión : 580 nm; Máx. de reflectancia: 740 nm

Fluorescencia de Rayos X



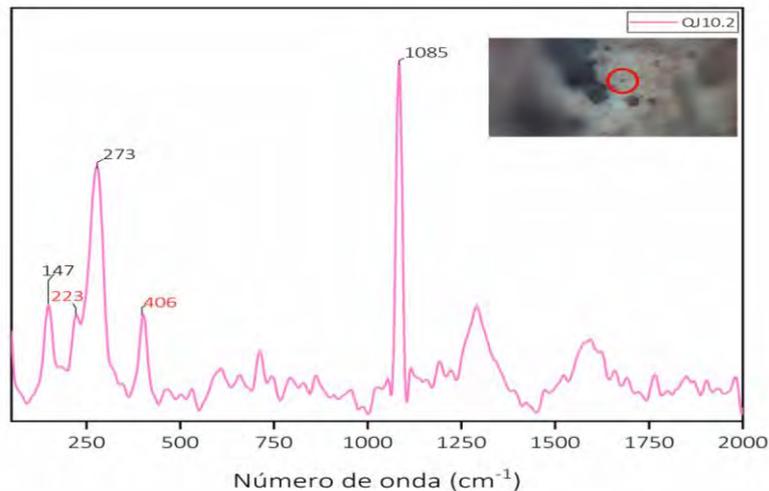
Els. químicos relevantes rojo/rosa: Fe, Ca, Si, Al.

Espectroscopía Infrarroja

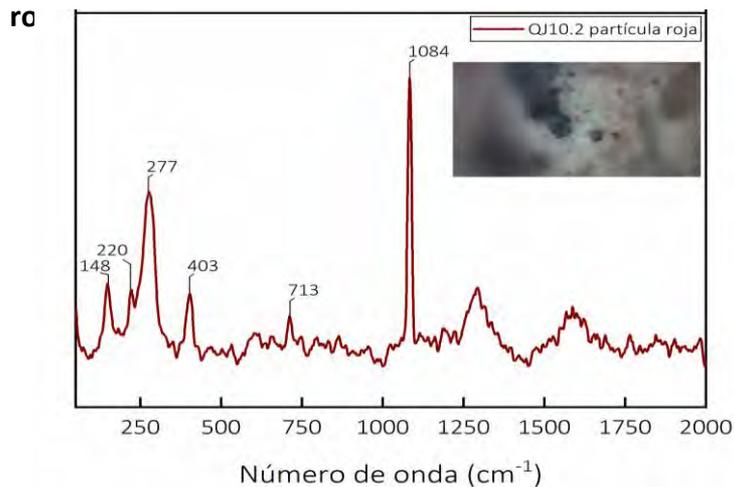


Óxidos de hierro: 461, 539; **calcita:** 871, 1407; **caolinita:** 902, 1008, 1035, 1011, cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X)

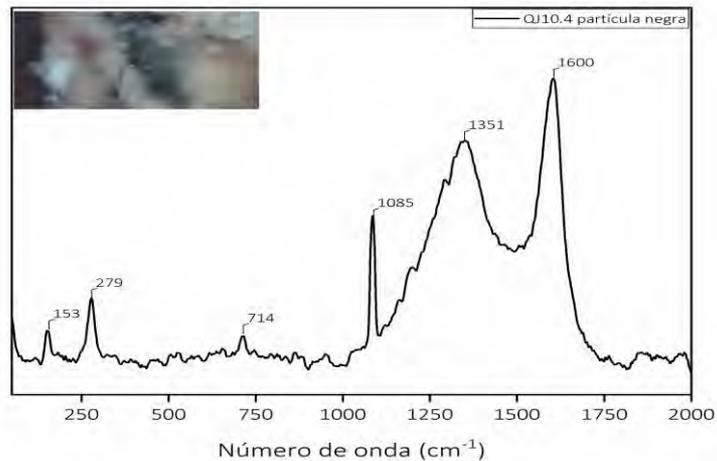


Espectroscopía Raman (20X) part. roja en matriz ro



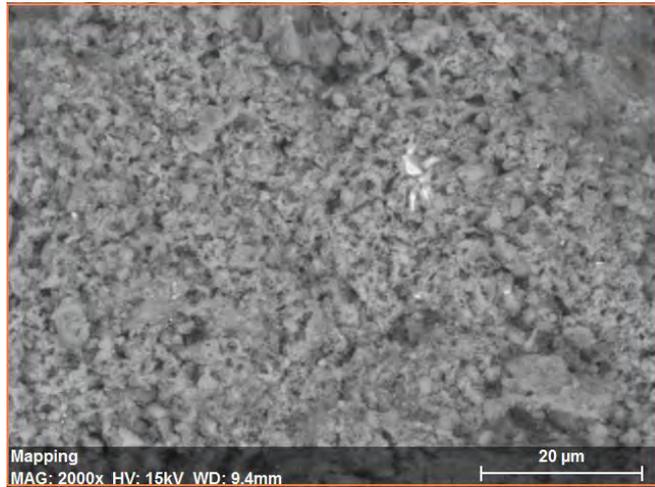
Hematita: 220, 277, 403; **calcita:** 147, 273, 1085 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X), part. Negra en matriz rosa

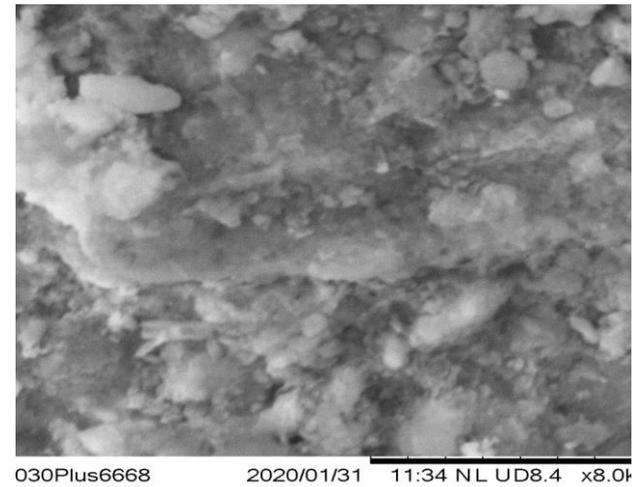


Carbón: 1351, 1600; **alcita:** 147, 273, 1085 cm^{-1}

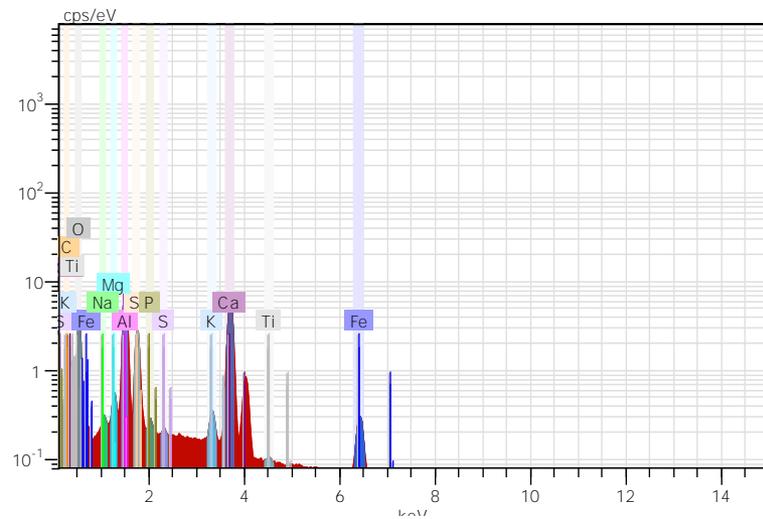
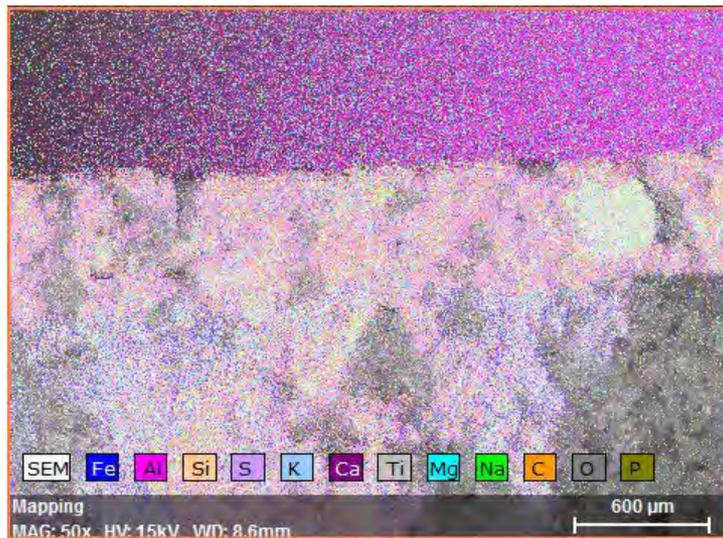
SEM-EDS. Electrones retrodispersados



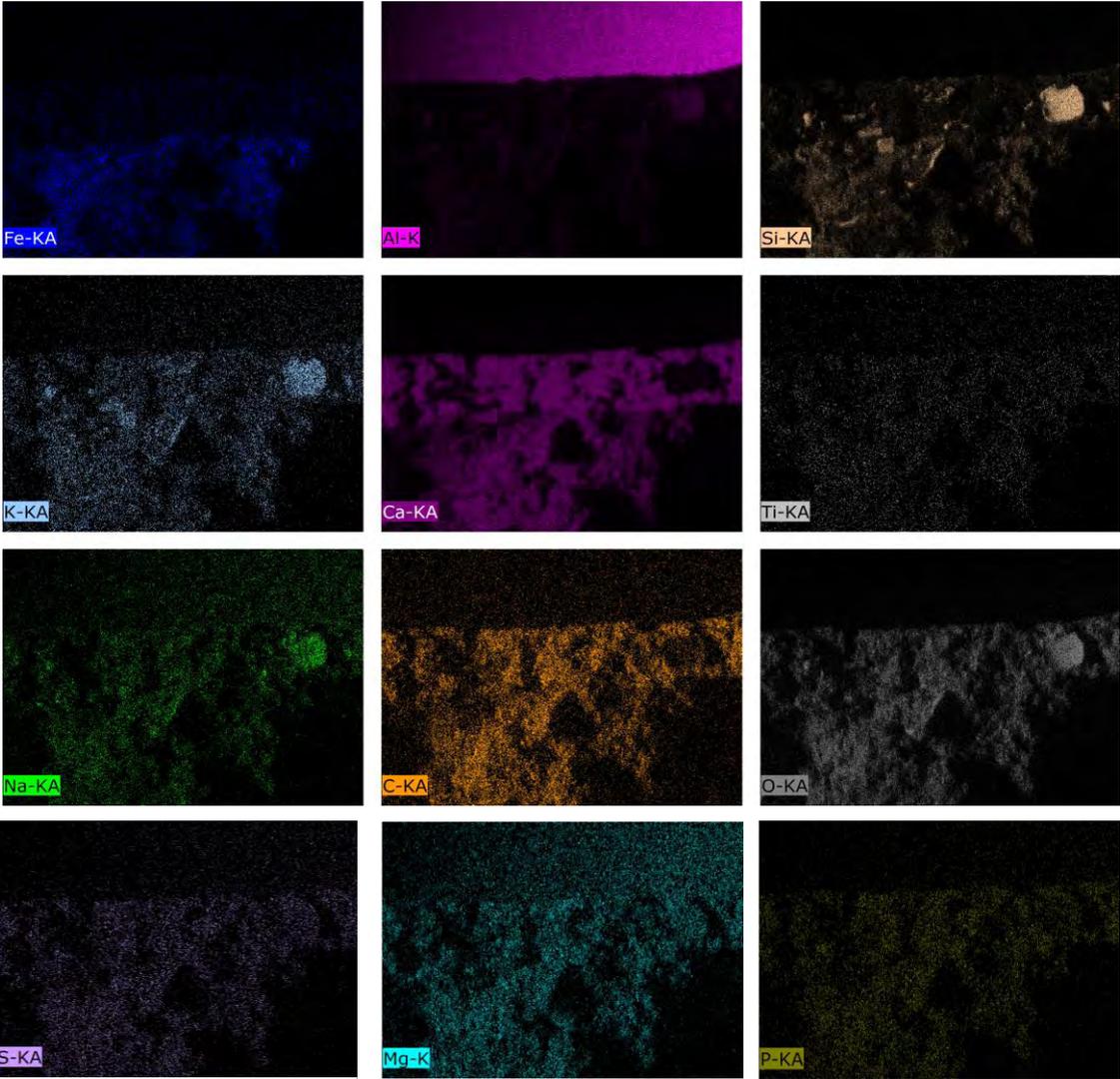
SEM-EDS. Electrones secundarios (diatomea)



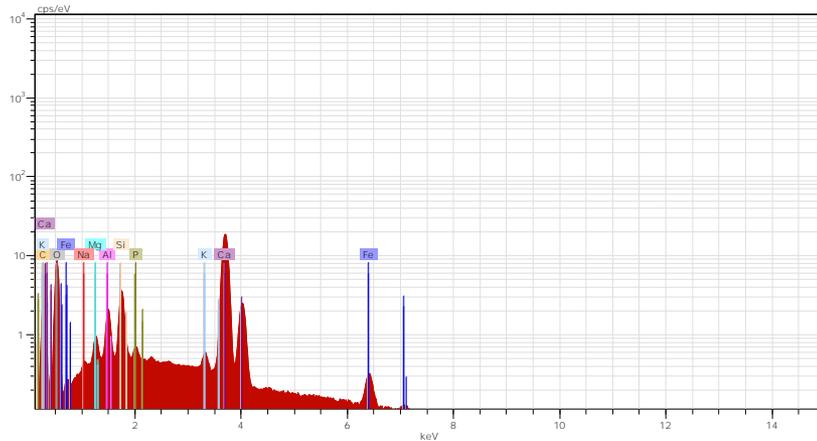
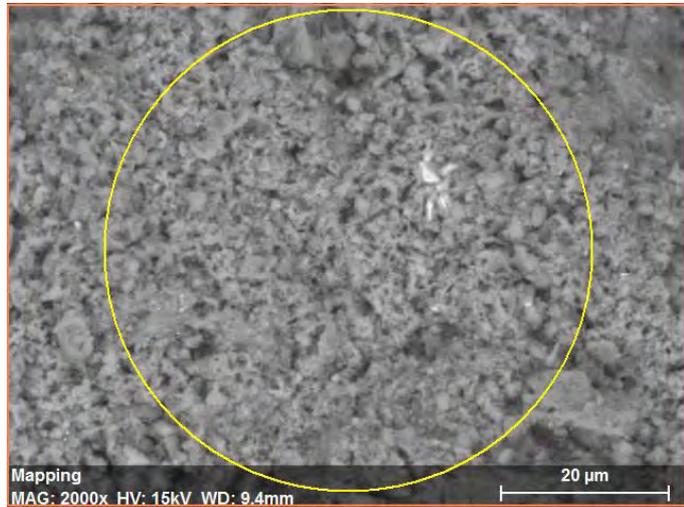
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	47,60
Calcio	34,61
Carbono	11,45
Silicio	2,66
Aluminio	1,38
Hierro	1,30
Magnesio	0,48
Potasio	0,27
Fósforo	0,14
Sodio	0,11
Total	100

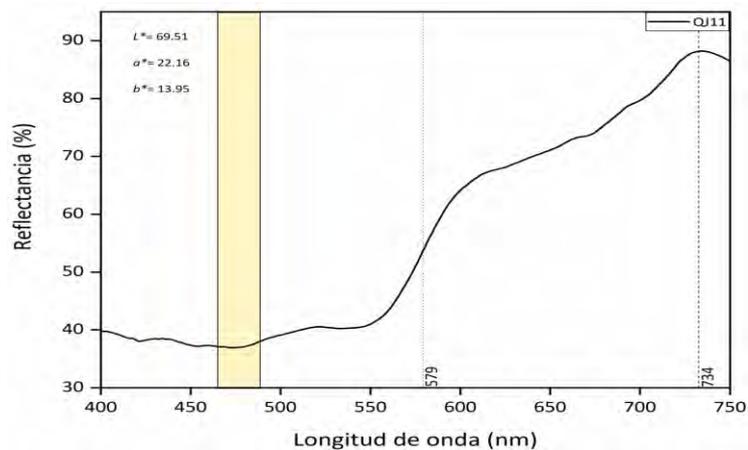
Muestra QJ11



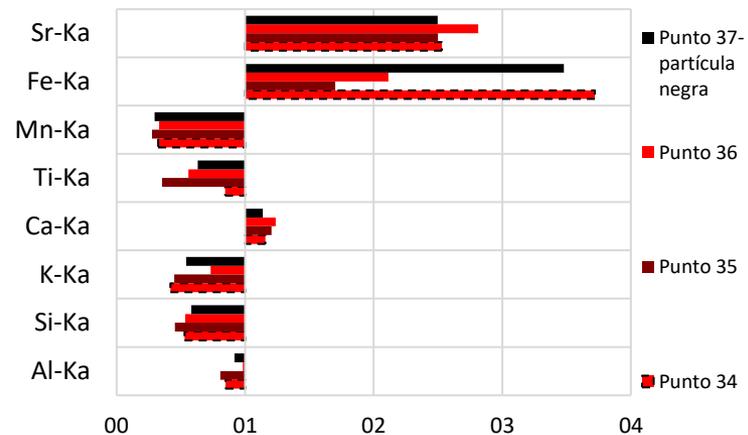
Microscopía óptica 150X



Espectrocolorimetría RUBY

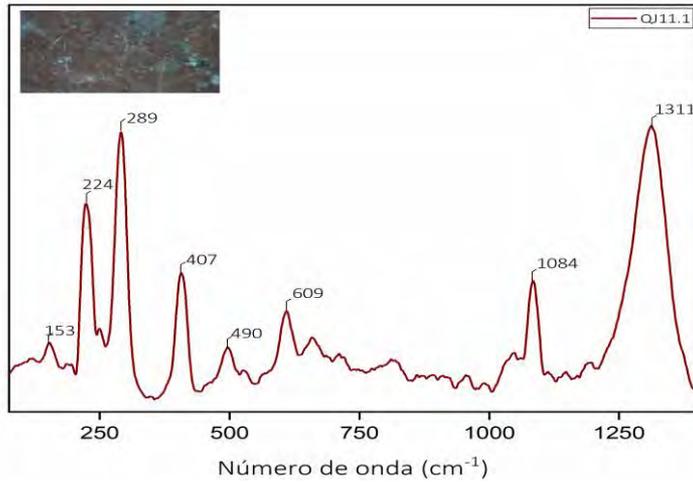


Fluorescencia de Rayos X



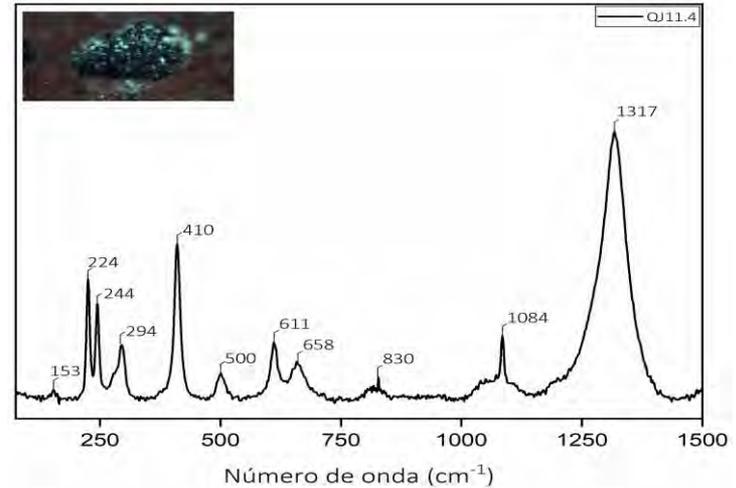
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Si, Al.

Espectroscopía Raman (20X)



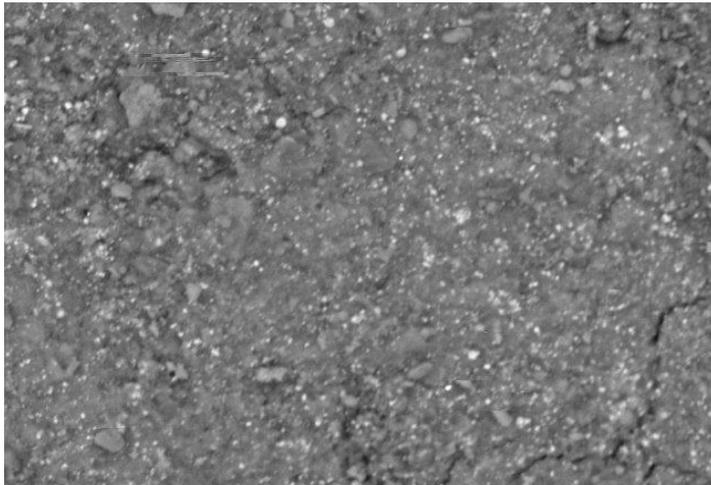
Hematita: 224, 289, 407, 609, 1311 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X) part. negra



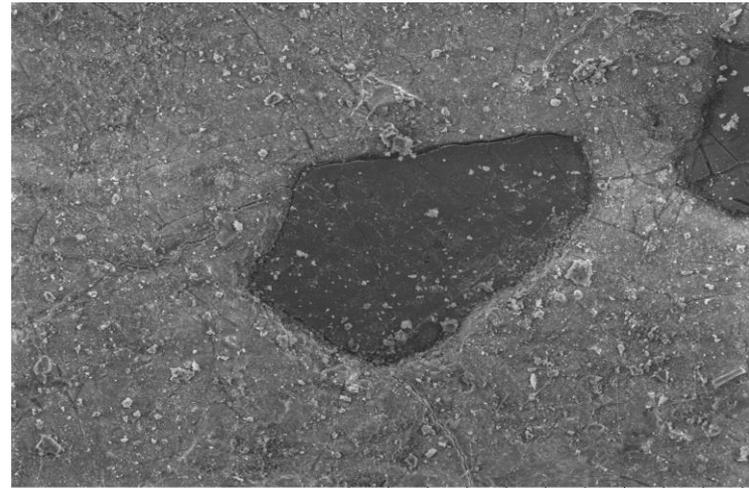
Hematita: 220, 277, 403; 611, 1317 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



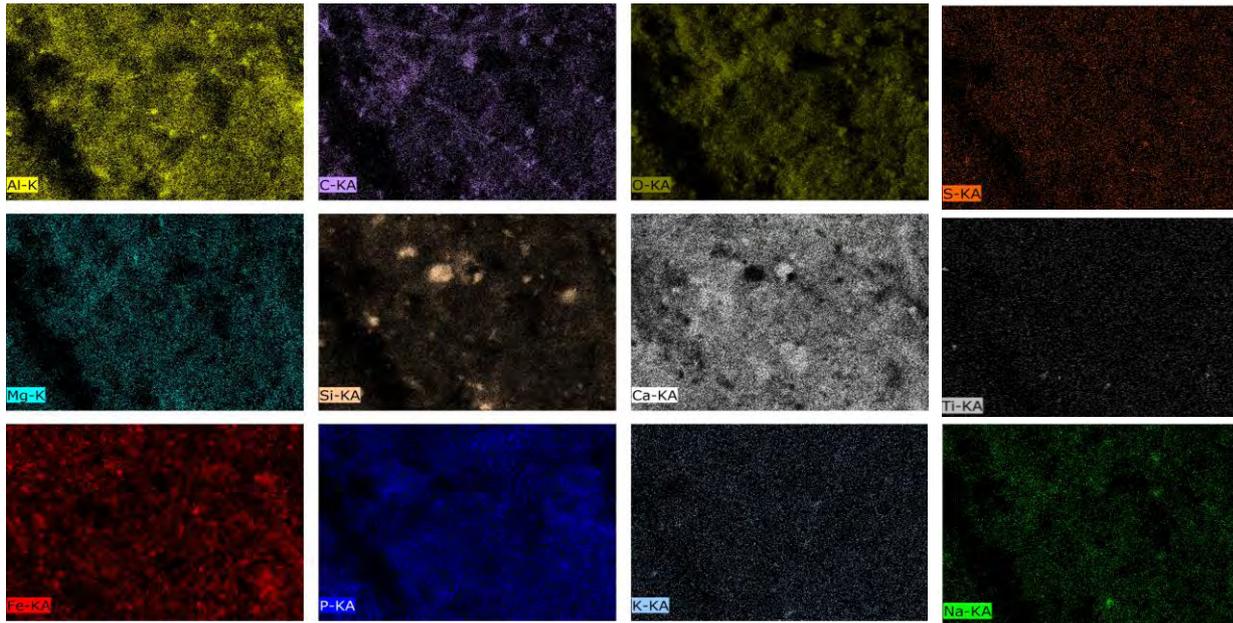
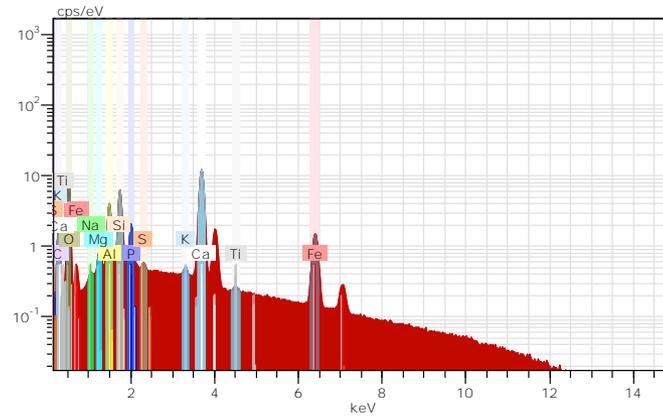
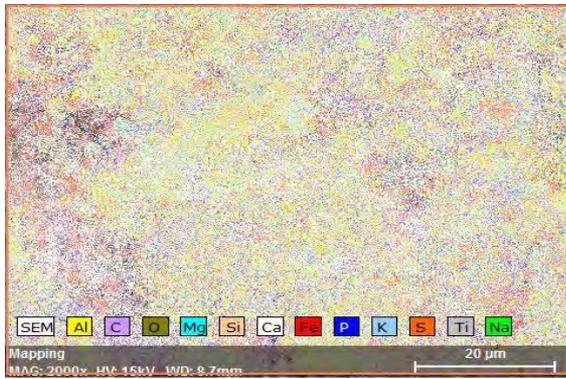
TM3030Plus6687 2020/01/31 12:09 H D8.7 x2.0k 30 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios

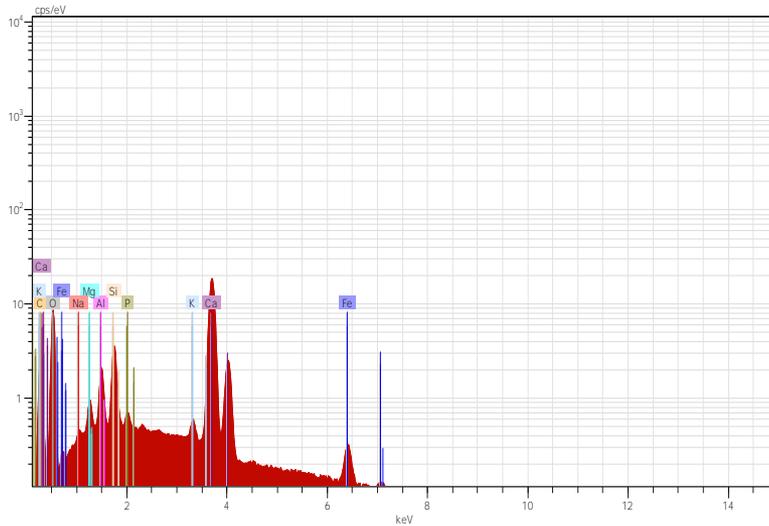
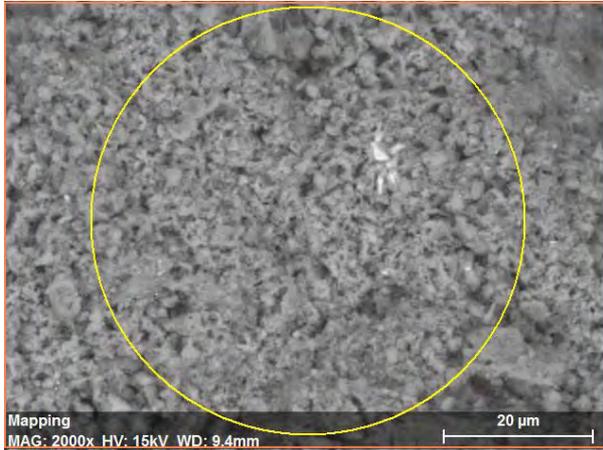


TM3030Plus6689 2020/01/31 12:29 NL UD8.9 x300 300 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental

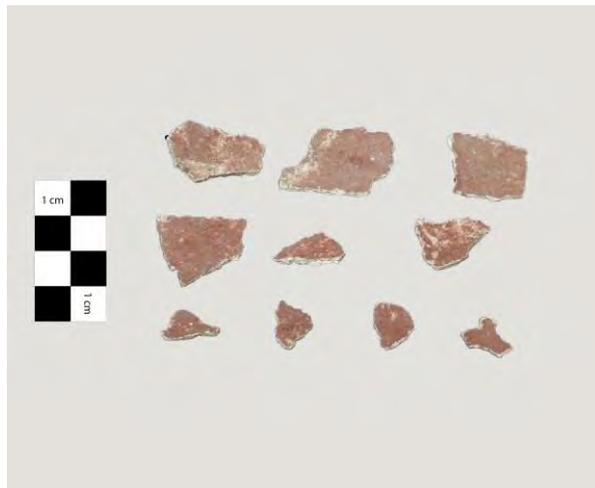


SEM-EDS. Análisis puntual

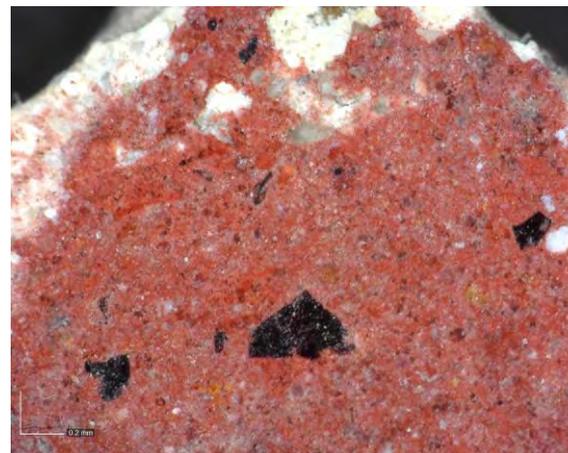


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	47,60
Calcio	34,61
Carbono	11,45
Silicio	2,66
Aluminio	1,38
Hierro	1,30
Magnesio	0,48
Potasio	0,27
Fósforo	0,14
Sodio	0,11
Total	100

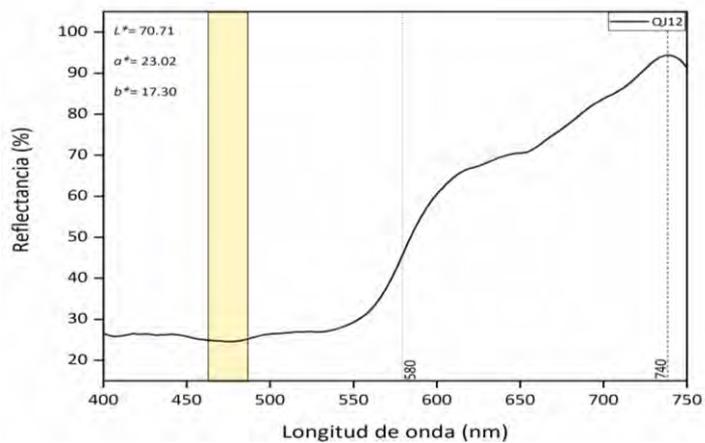
Muestra QJ12



Microscopía óptica 150X

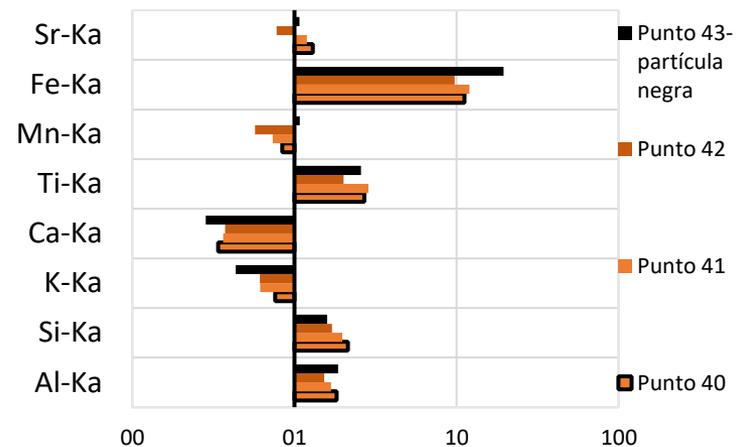


Espectrocolorimetría RUBY



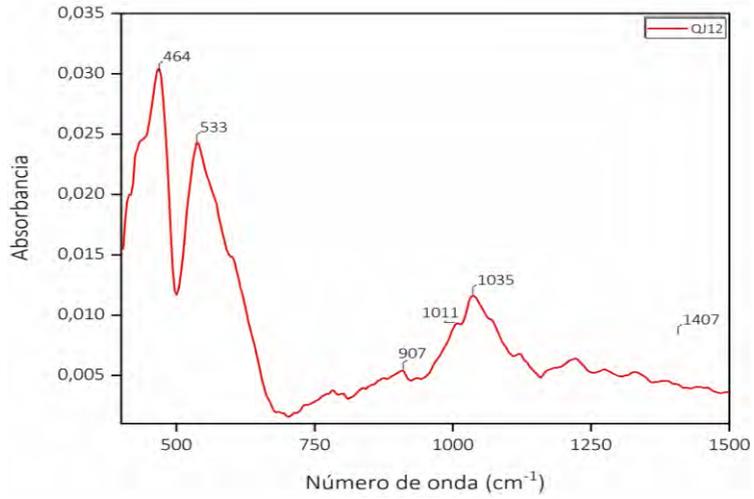
Pto. de inflexión : 580 nm; **Máx. de reflectancia:** 740 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Si, Al.

Espectroscopía Infrarroja

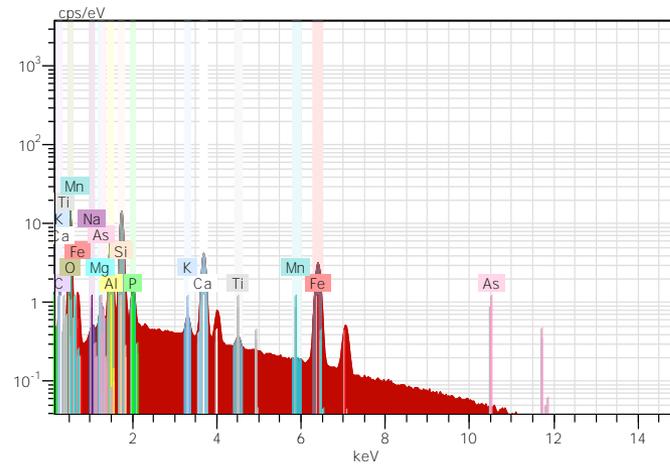


Óxidos de hierro: 464, 533; caolinita: 907, 1011, 1035 cm⁻¹

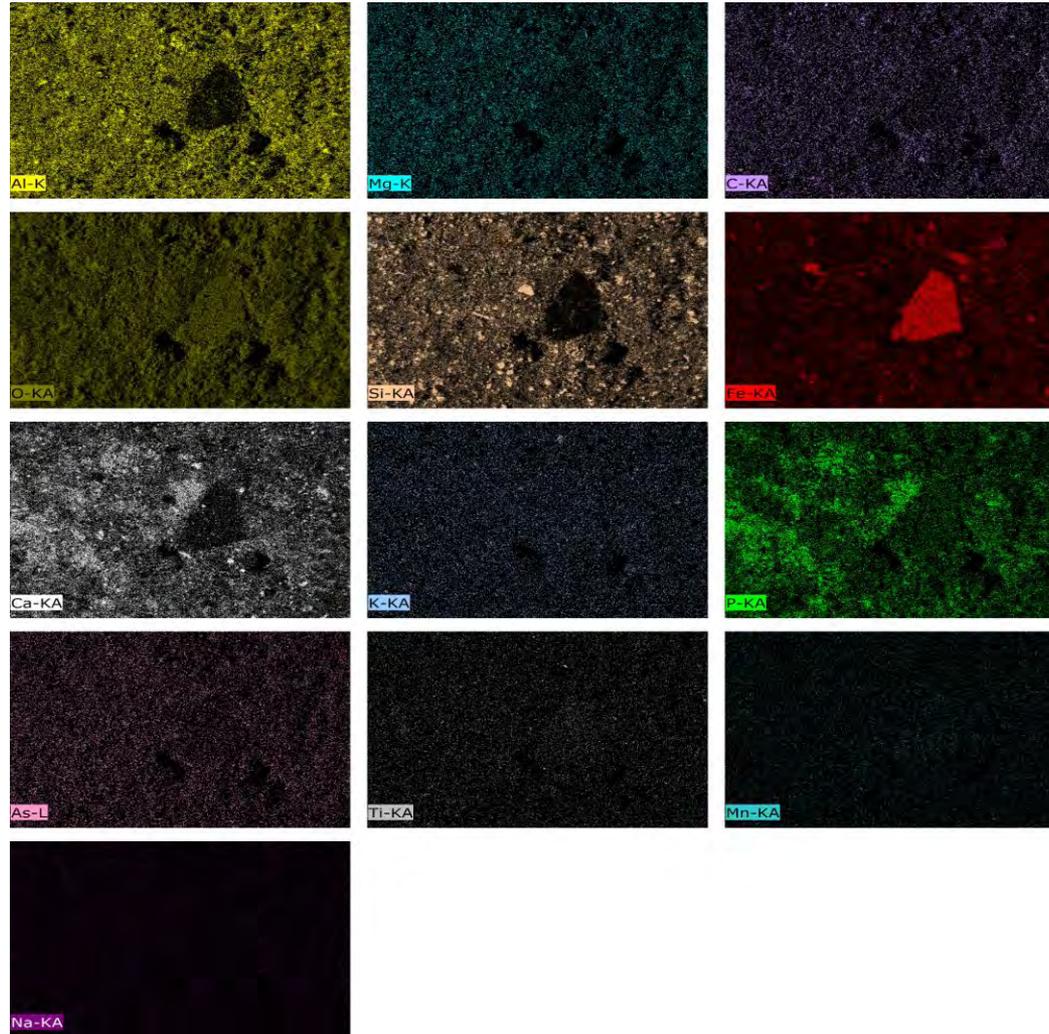
SEM-EDS. Electrones retrodispersados



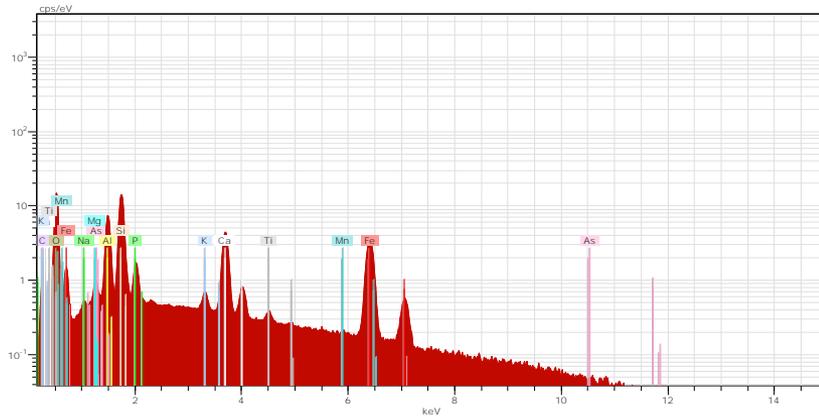
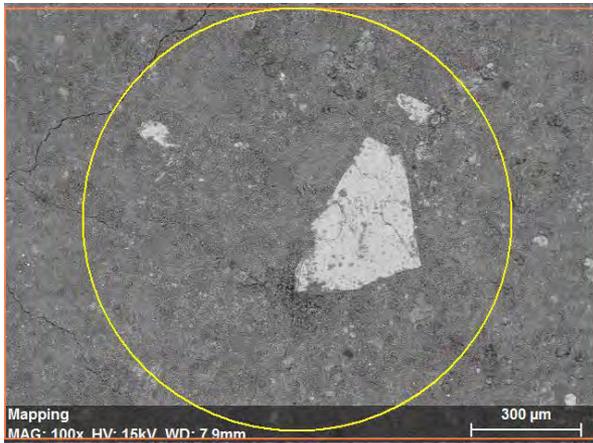
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

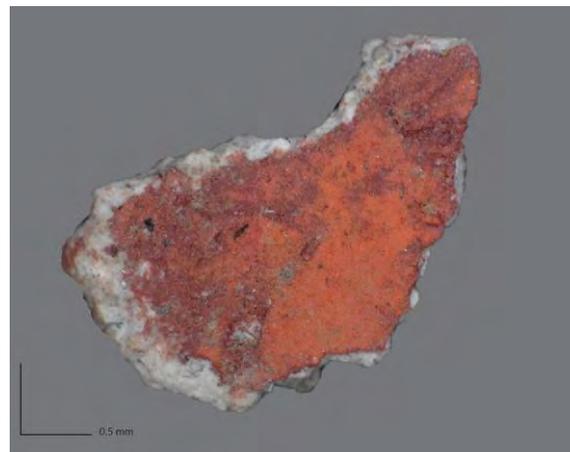


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	41,45
Hierro	20,46
Silicio	13,22
Carbono	9,33
Calcio	7,14
Aluminio	6,58
Fósforo	1,37
Magnesio	0,042
Potasio	0,40
Titanio	0,25
Total	100

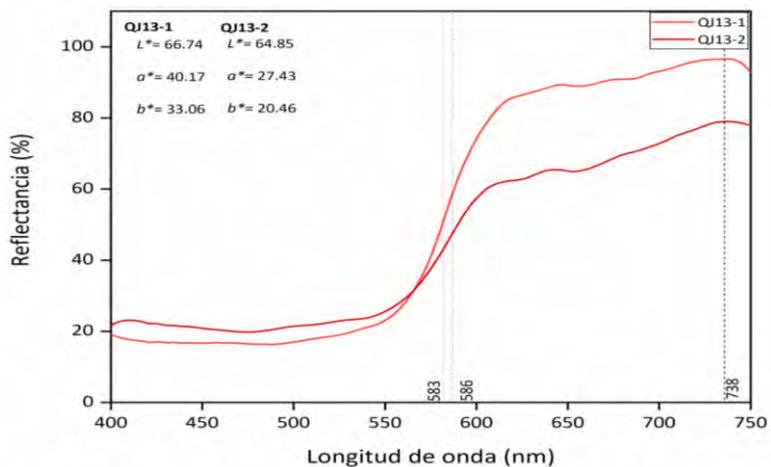
Muestra QJ13



Microscopía óptica 150X

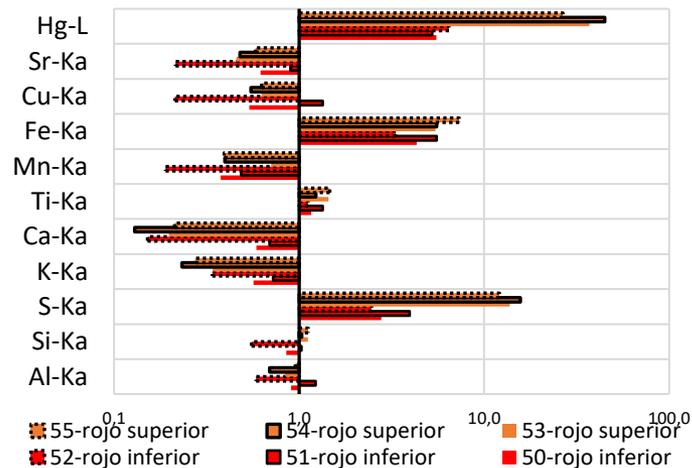


Espectrocolorimetría RUBY



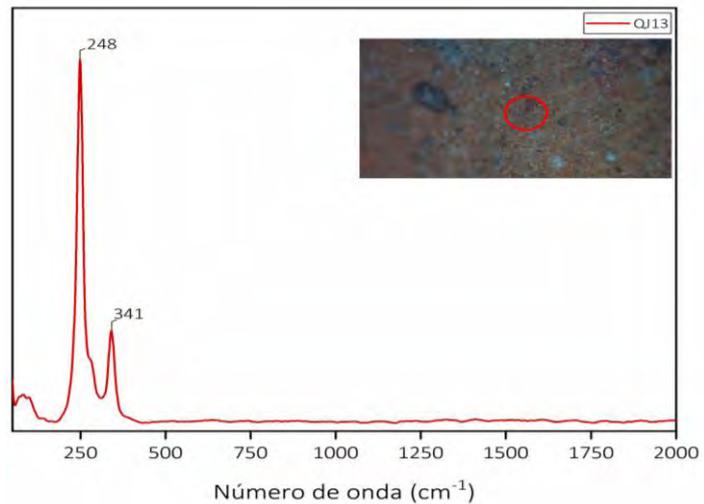
Pto. de inflexión : 583-586 nm; Máx. de reflectancia: 738 nm;

Fluorescencia de Rayos X



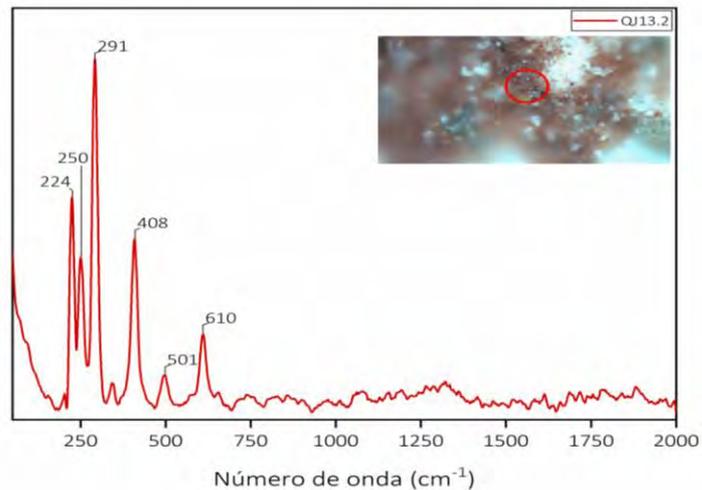
Els. químicos relevantes rojo: Hg, S, Fe, Ca, Si, Al.

Espectroscopía Raman (20X), capa roja superior



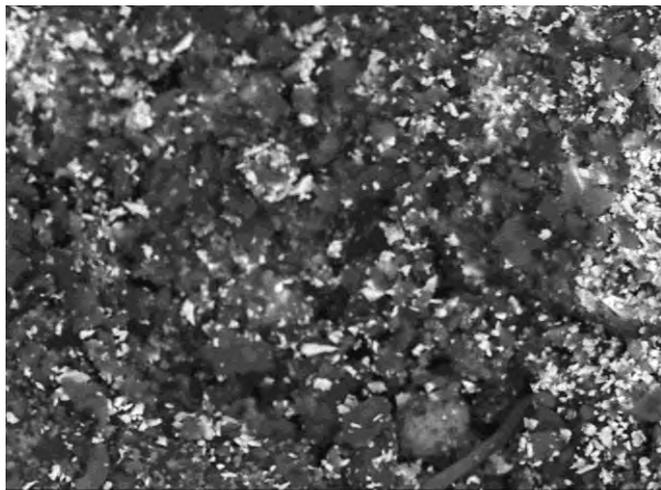
Cinabrio: 248, 341 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X), capa roja inferior



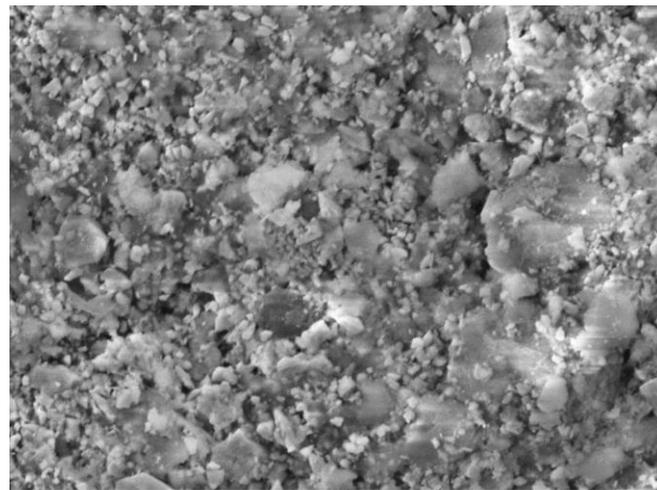
Hematita: 224, 290, 410, **cinabrio:** 250, 352 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



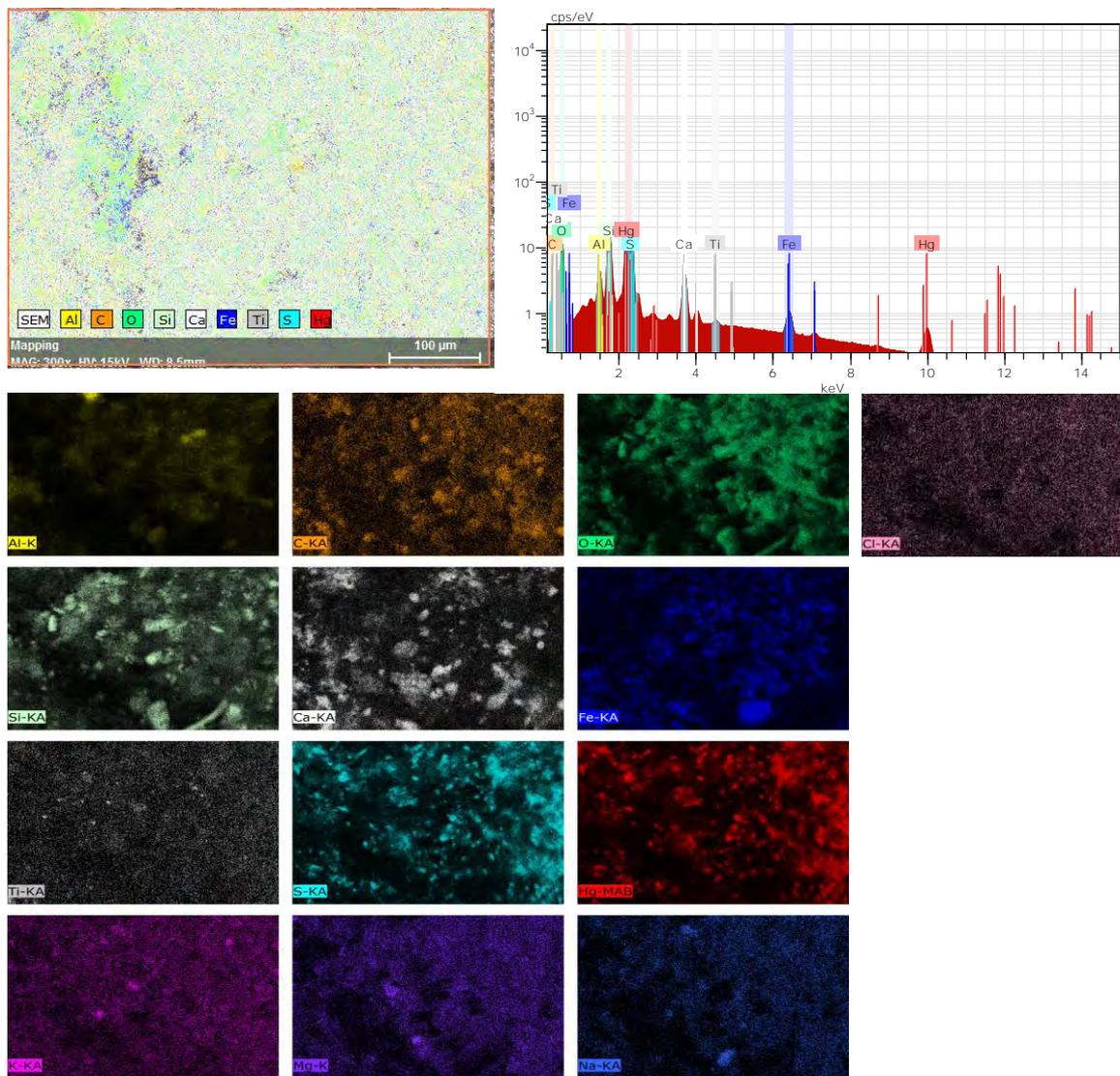
TM3030Plus5561 2019/08/14 16:04 HM D8.5 x3.0k 30 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios

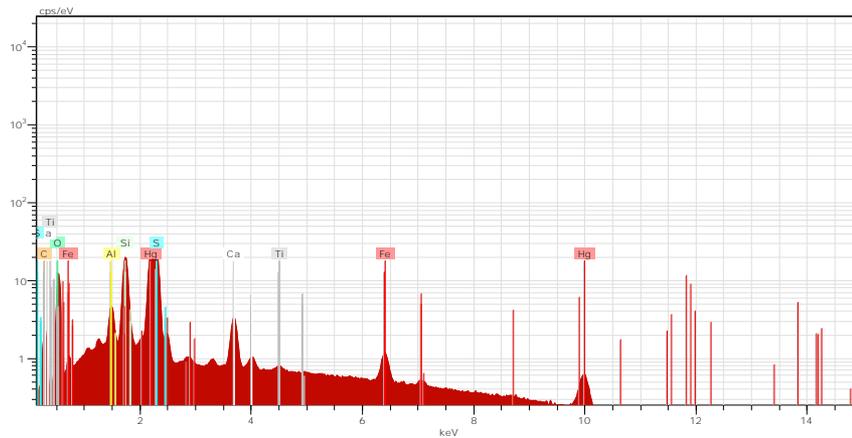
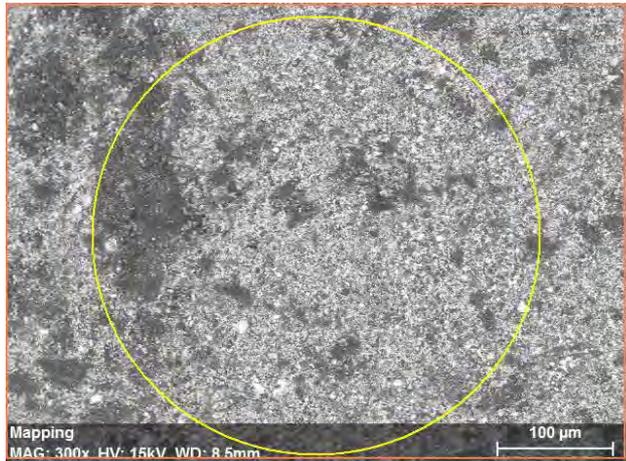


TM3030Plus6638 2020/01/29 13:01 NL UD8.8 x4.0k 20 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

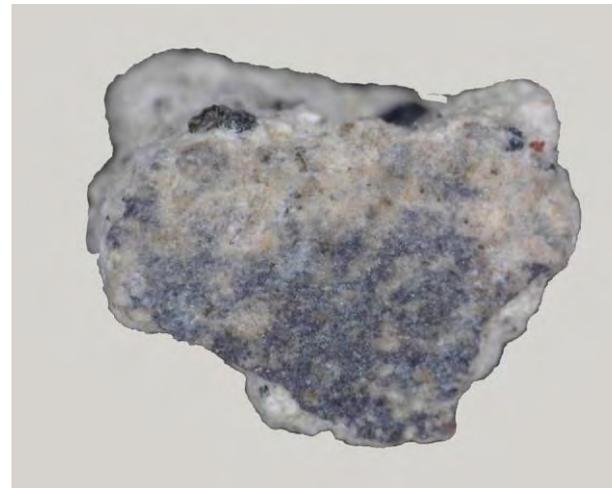


Elemento	wt % normalizado
Mercurio	35.18
Oxígeno	14.96
Silicio	8.19
Azufre	7.72
Carbono	3.42
Calcio	3.42
Hierro	2.42
Aluminio	1.41
Titanio	0.17
Total	77.98

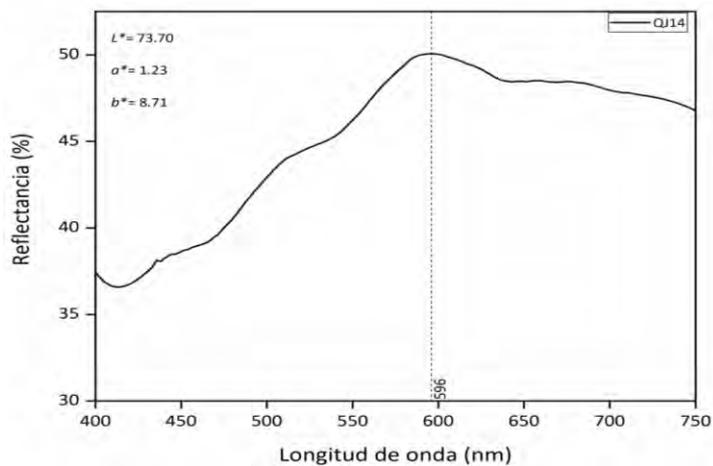
Muestra QJ14



Microscopía óptica 150X

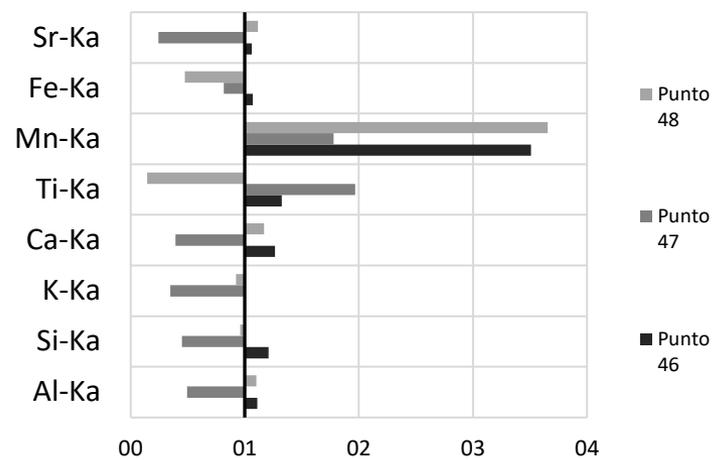


Espectrocolorimetría RUBY



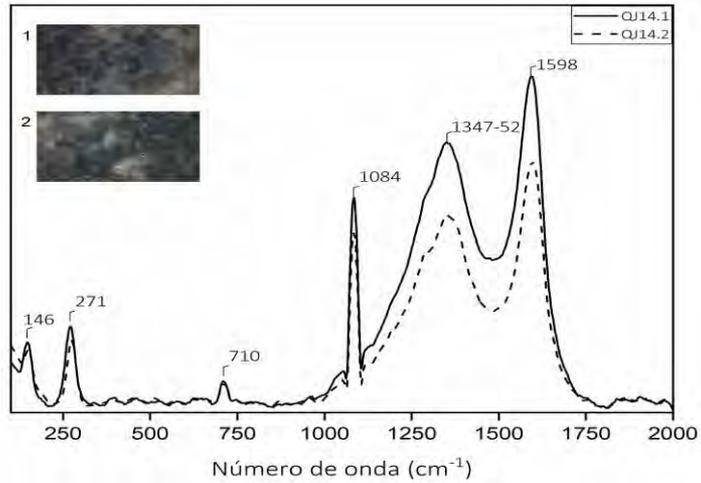
Máx. de reflectancia: 596 nm;

Fluorescencia de Rayos X



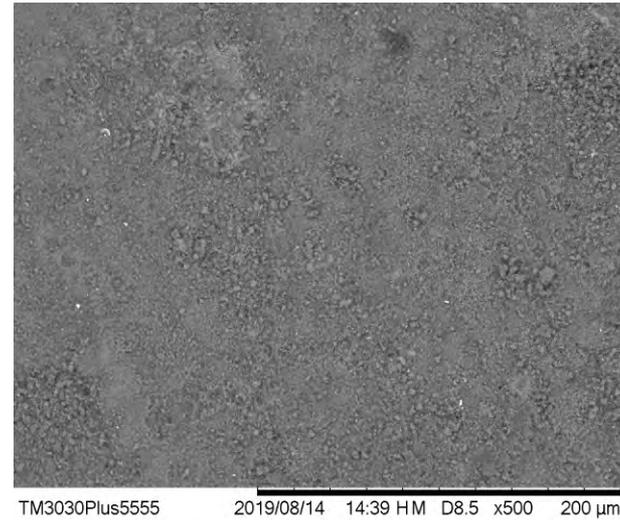
Els. químicos relevantes : Mn

Espectroscopía Raman (20X),

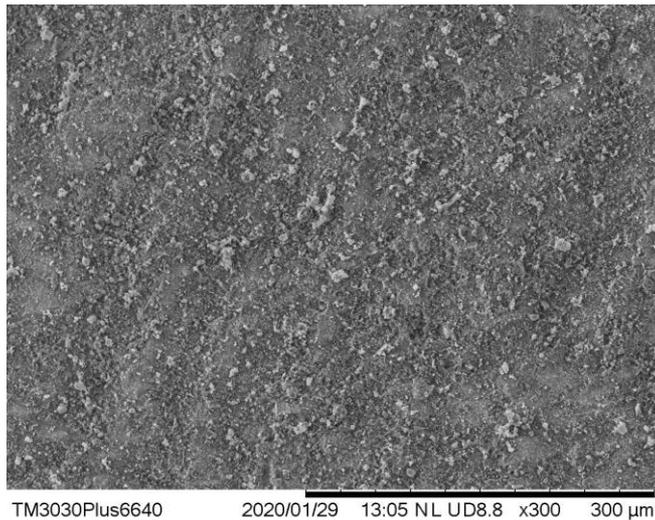


Carbón: 1347-1352, 1598; **calcita:** 146, 271, 1084 cm^{-1}

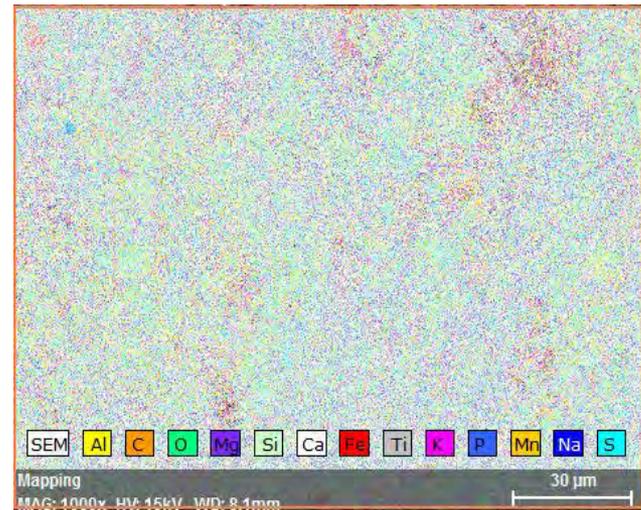
SEM-EDS. Electrones retrodispersados



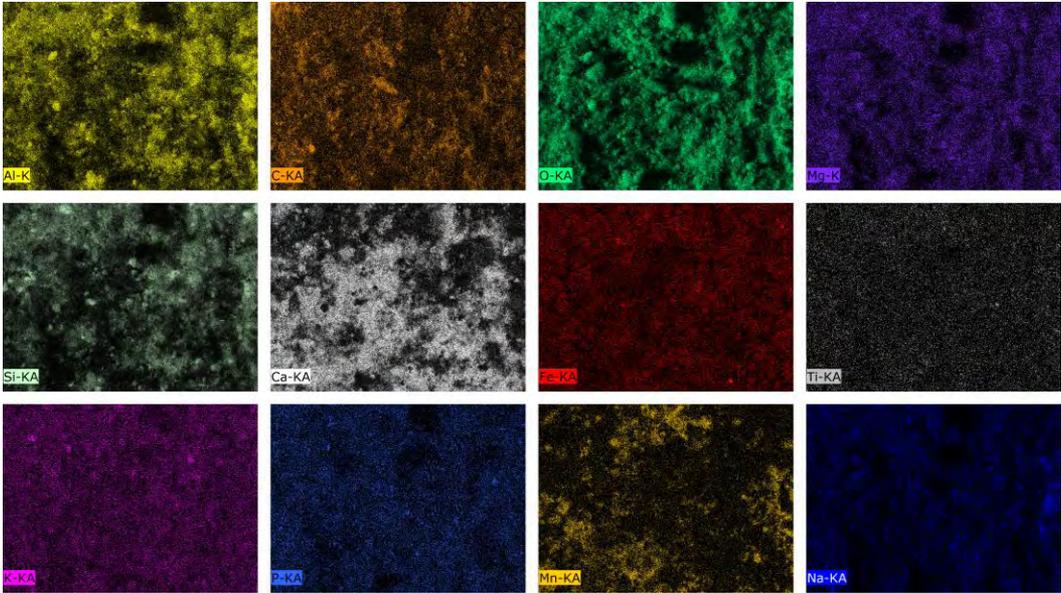
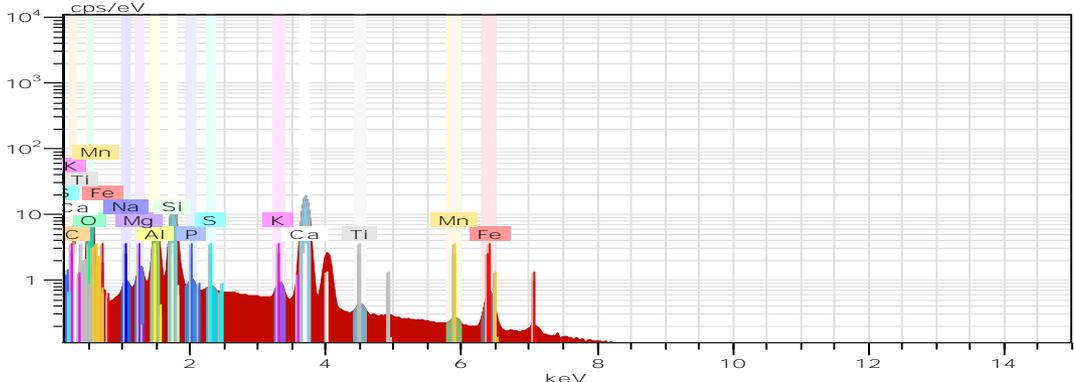
SEM-EDS. Electrones secundarios



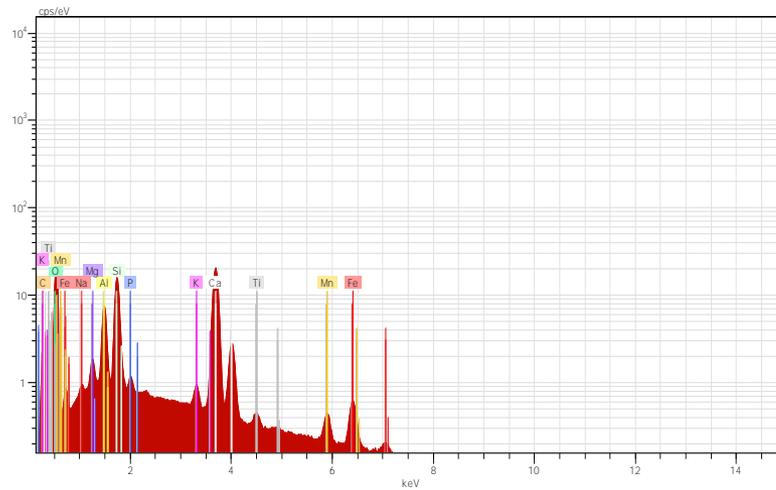
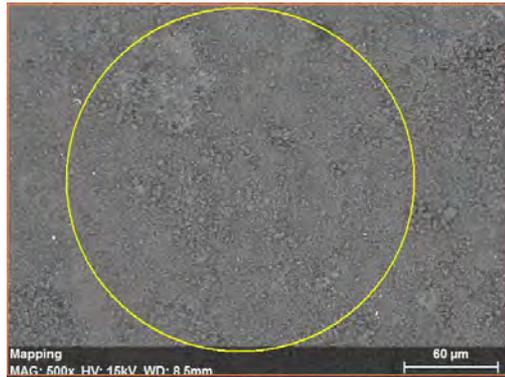
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

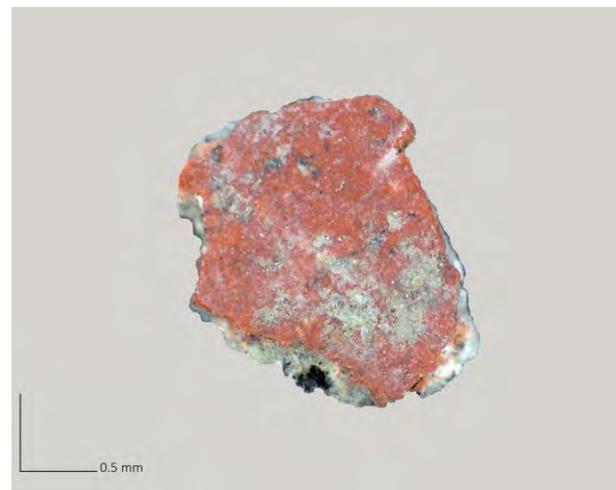


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	52,27
Calcio	21,48
Carbono	12,62
Silicio	7,65
Aluminio	3,43
Hierro	1,72
Manganeso	0,72
Magnesio	0,68
Sodio	0,32
Potasio	0,30
Fósforo	0,22
Titiano	0,21
Total	114.71

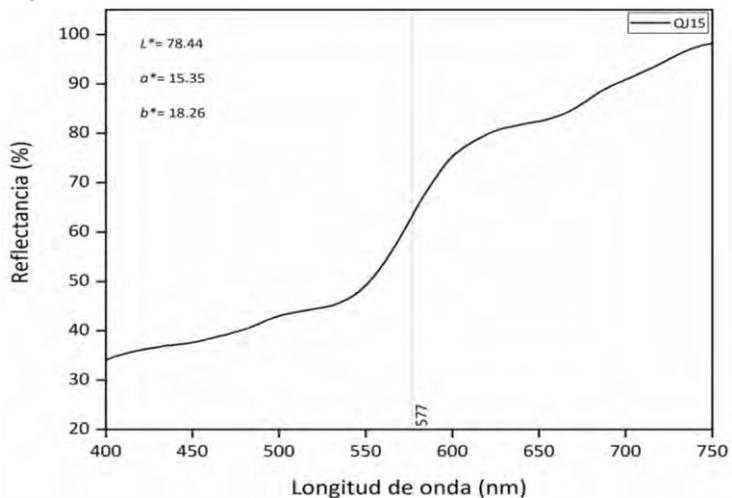
Muestra QJ15



Microscopía óptica 150X

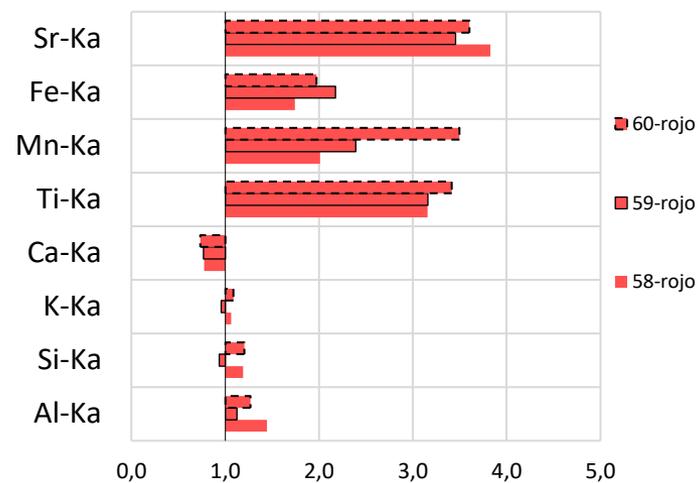


Espectrocolorimetría RUBY



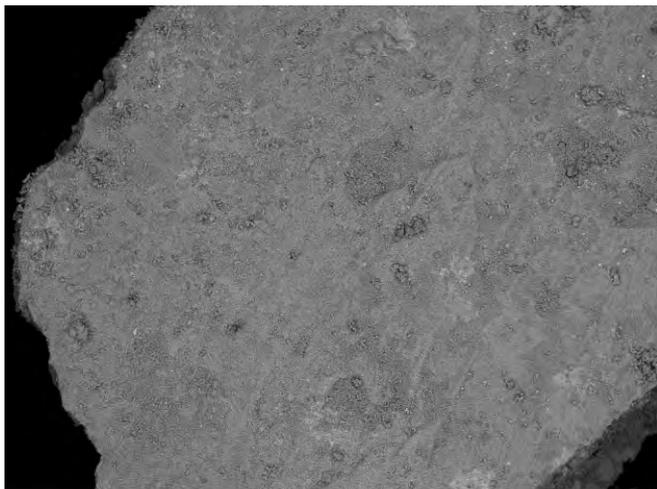
Máx. de reflectancia: 596 nm;

Fluorescencia de Rayos X



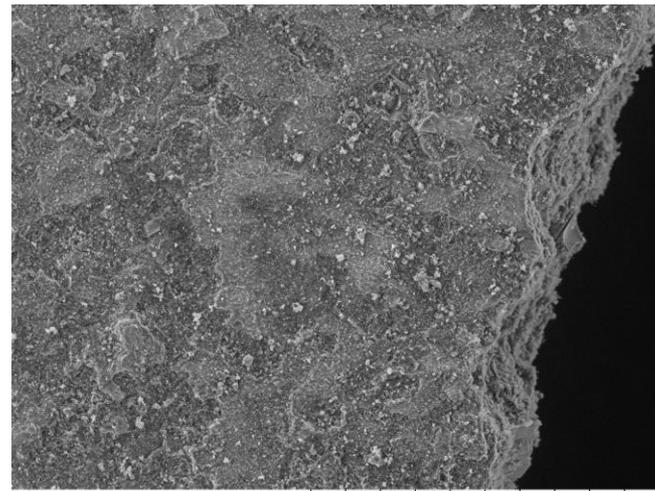
Els. químicos relevantes : Fe, Mn, Ti, Sr

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



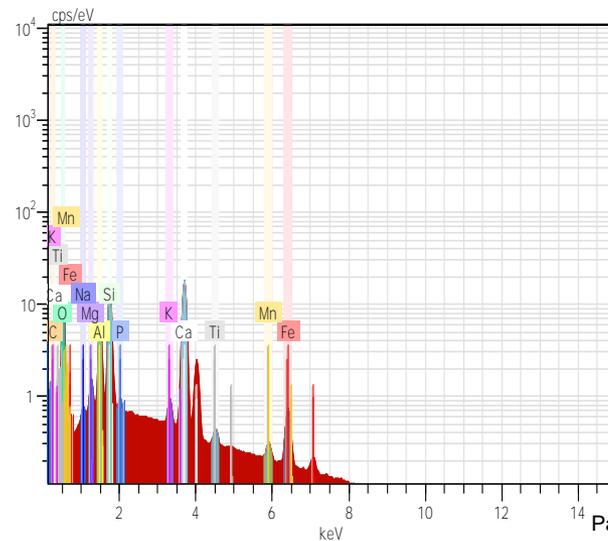
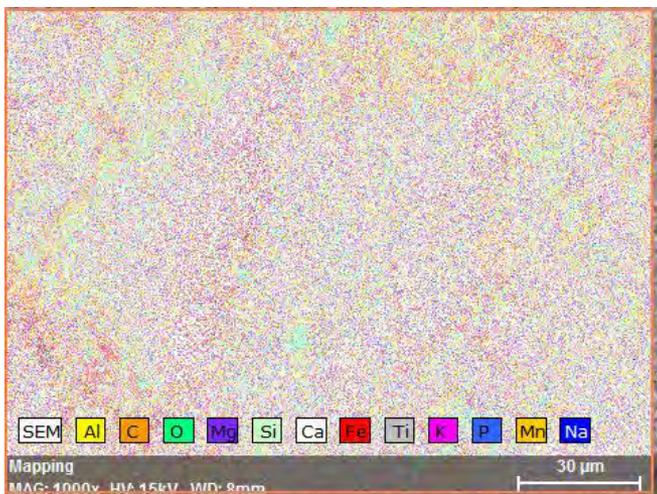
TM3030Plus5550 2019/08/14 12:19 HM D8.0 x100 1 mm

SEM-EDS. Electrones secundarios

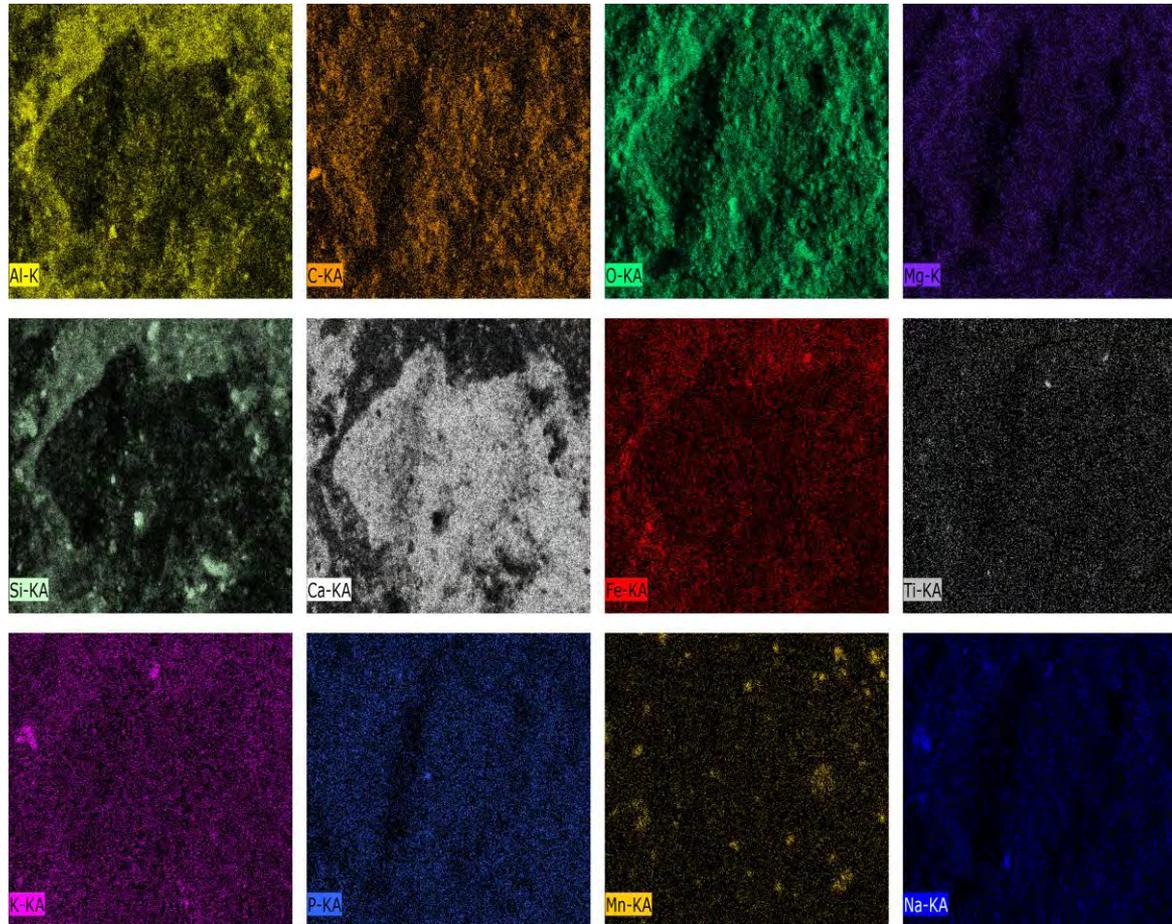


TM3030Plus6644 2020/01/29 13:12 NL UD8.2 x300 300 μm

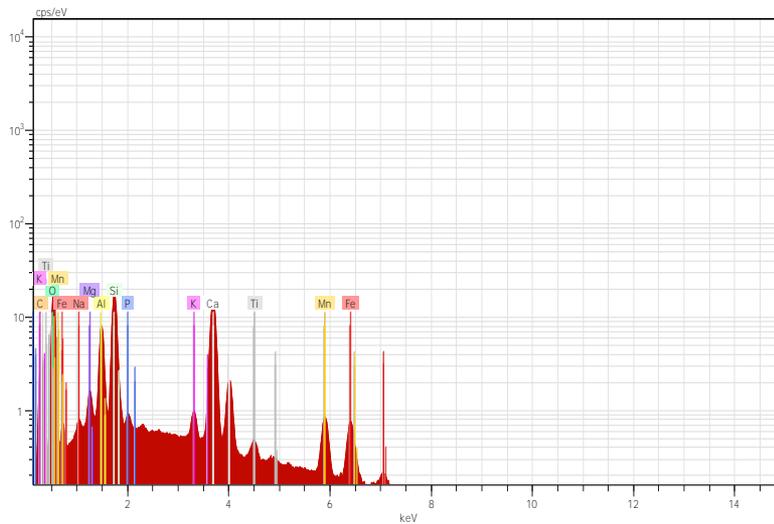
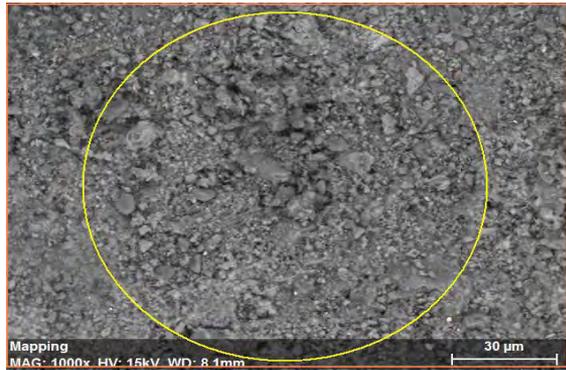
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

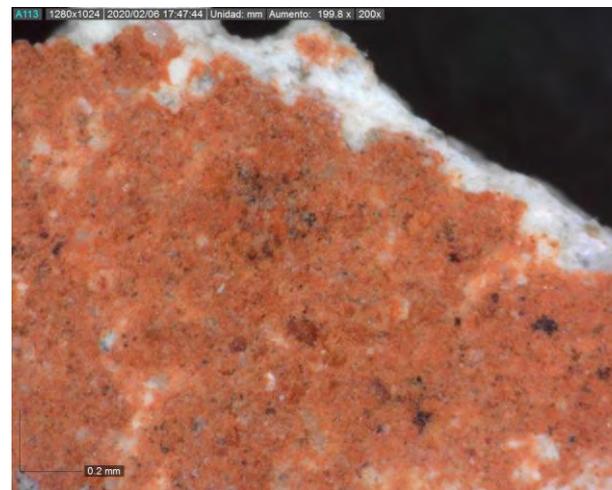


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	52,27
Calcio	21,48
Carbono	12,62
Silicio	7,65
Aluminio	3,43
Hierro	1,72
Manganeso	0,72
Magnesio	0,68
Sodio	0,32
Potasio	0,30
Fósforo	0,22
Titanio	0,21
Total	100

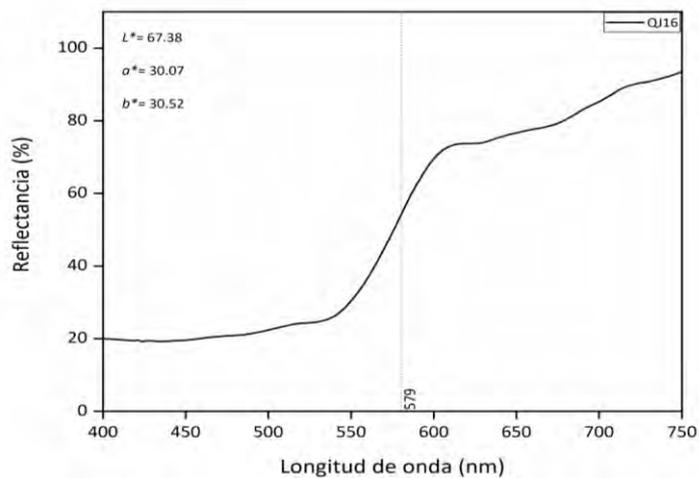
Muestra QJ16



Microscopía óptica 200X

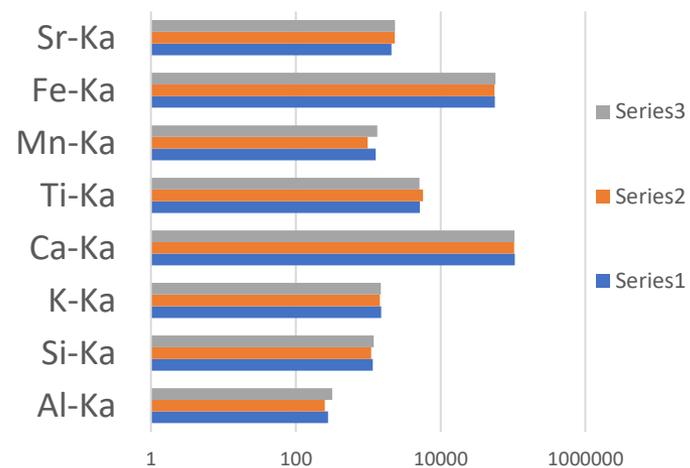


Espectrocolorimetría RUBY



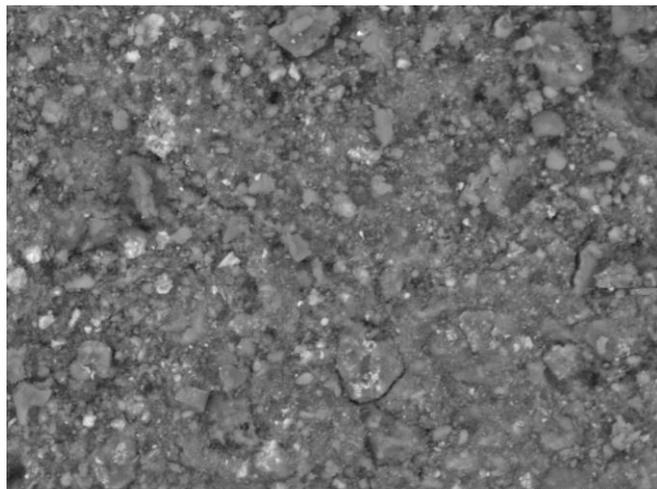
Máx. de reflectancia: 579 nm;

Fluorescencia de Rayos X



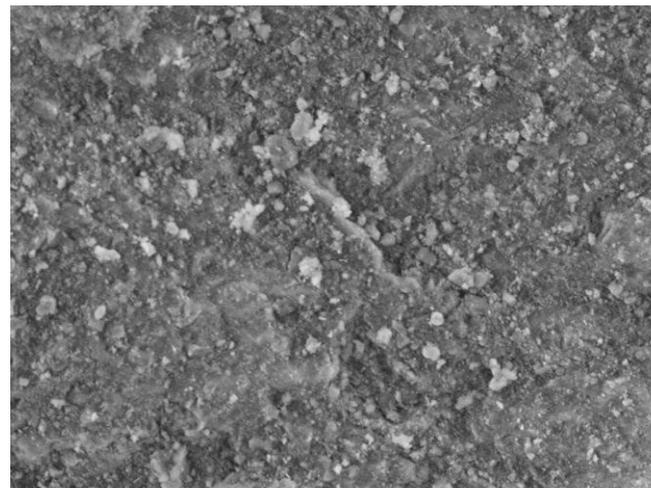
Els. químicos relevantes : Fe, Ti, Si, Al

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



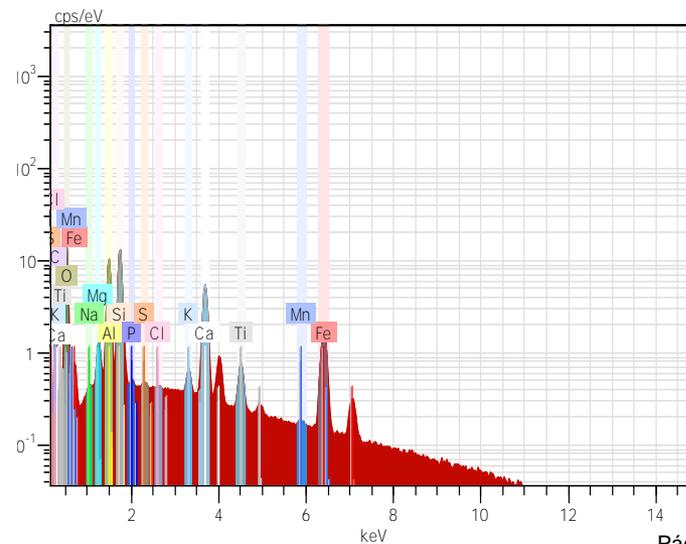
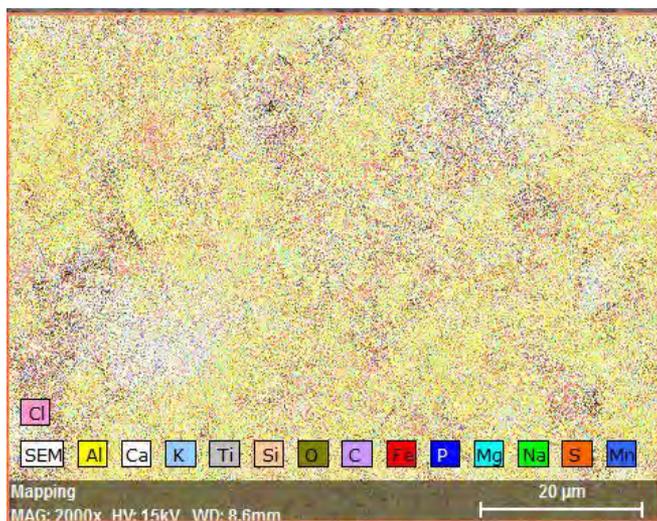
TM3030Plus6658 2020/01/29 13:32 HL D8.6 x2.0k 30 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios

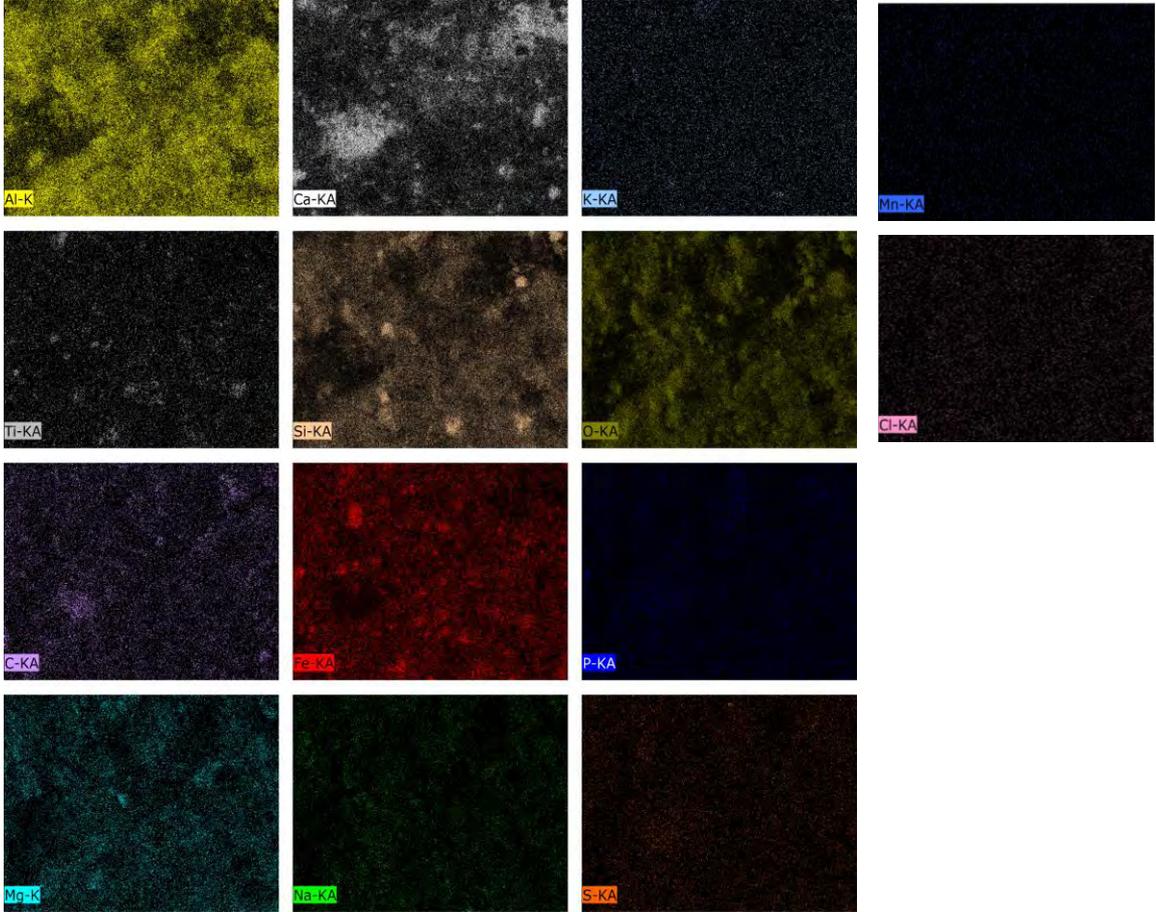


TM3030Plus6655 2020/01/29 13:28 NL UD8.7 x1.0k 100 µm

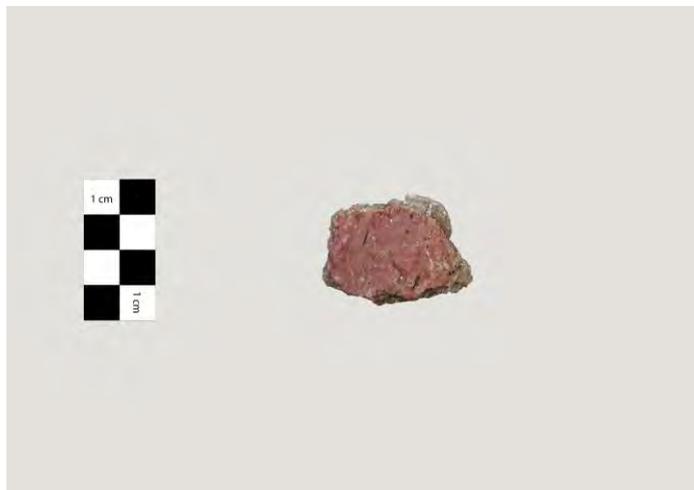
SEM-EDS. Mapeo elemental



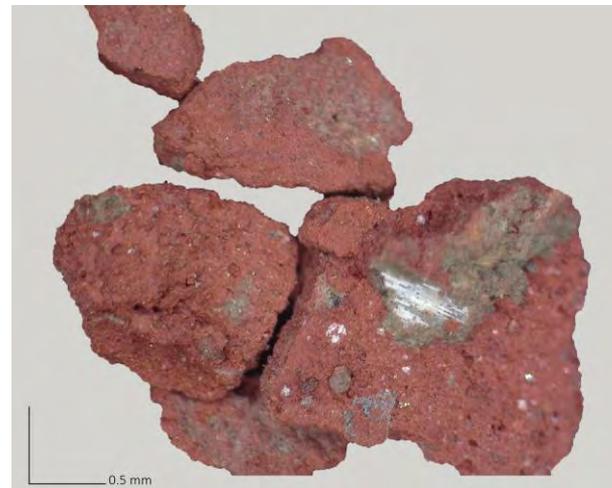
SEM-EDS. Mapeo elemental



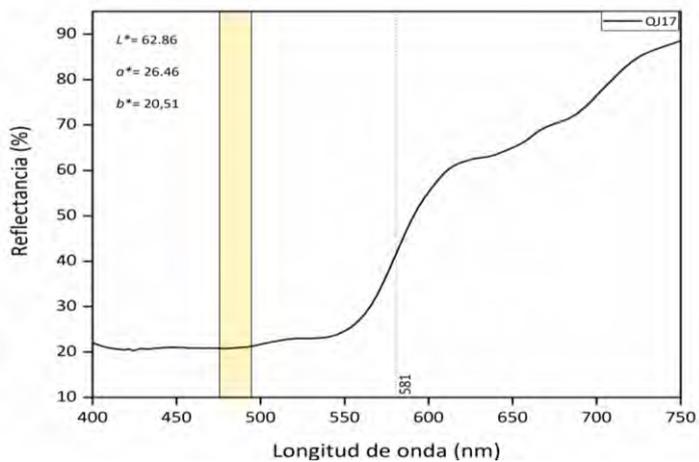
Muestra QJ17



Microscopía óptica 150X

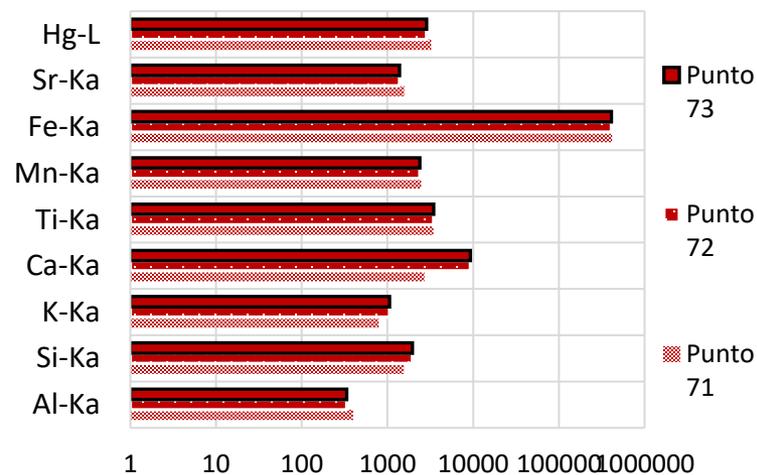


Espectrocolorimetría RUBY



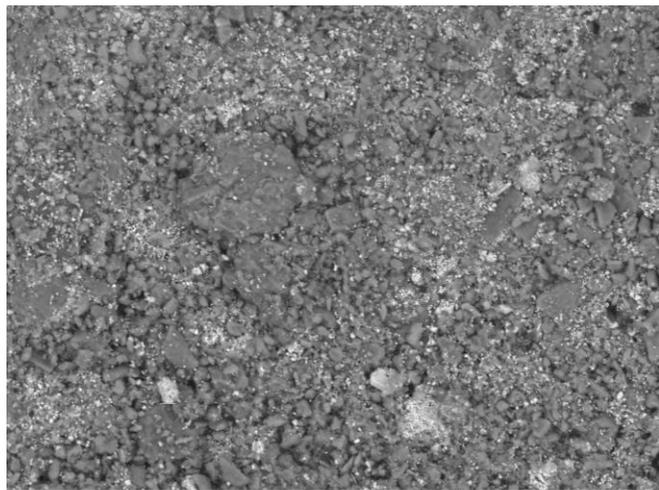
Pto. de inflexión : 580 nm; **Máx. de reflectancia:** 740 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



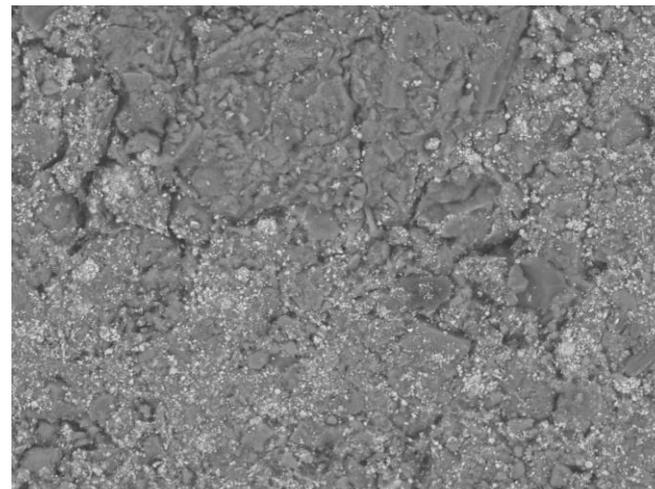
Els. químicos relevantes : Fe, Hg, Si, Al

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



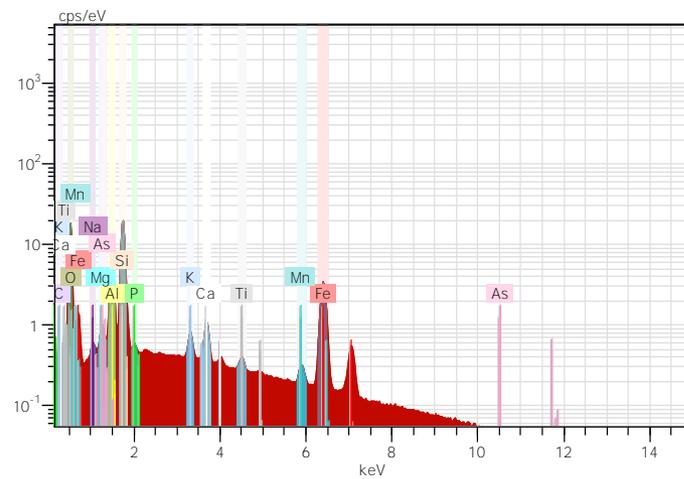
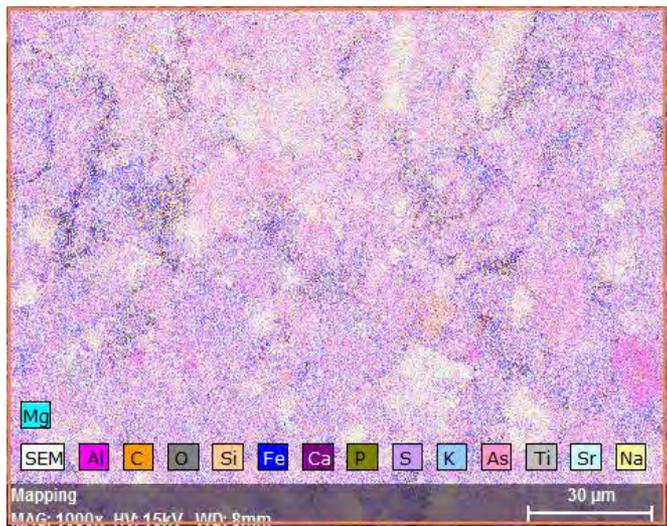
TM3030Plus6844 2020/02/12 11:48 H D8.5 x1.0k 100 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios

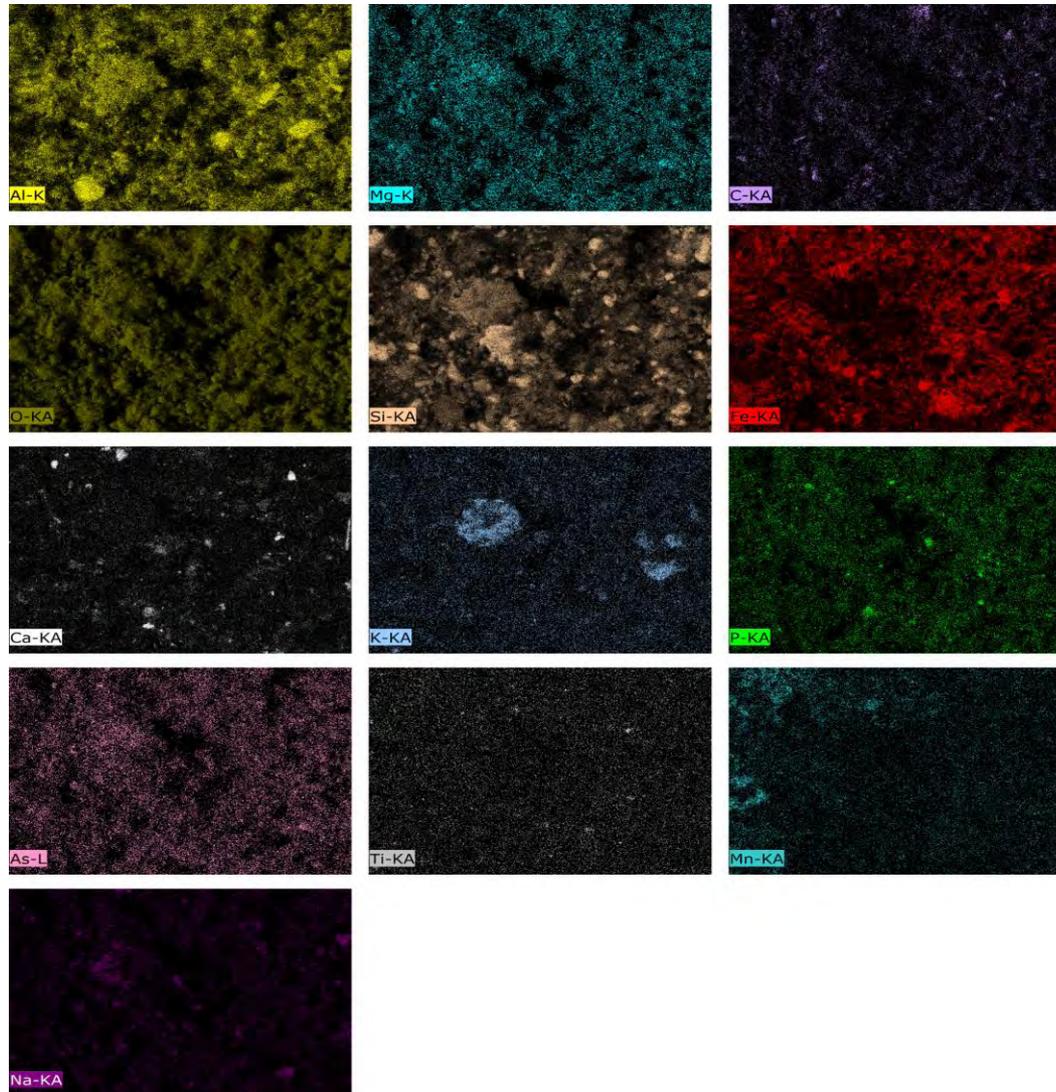


TM3030Plus5750 2019/09/20 14:27 HL D8.0 x1.0k 100 µm

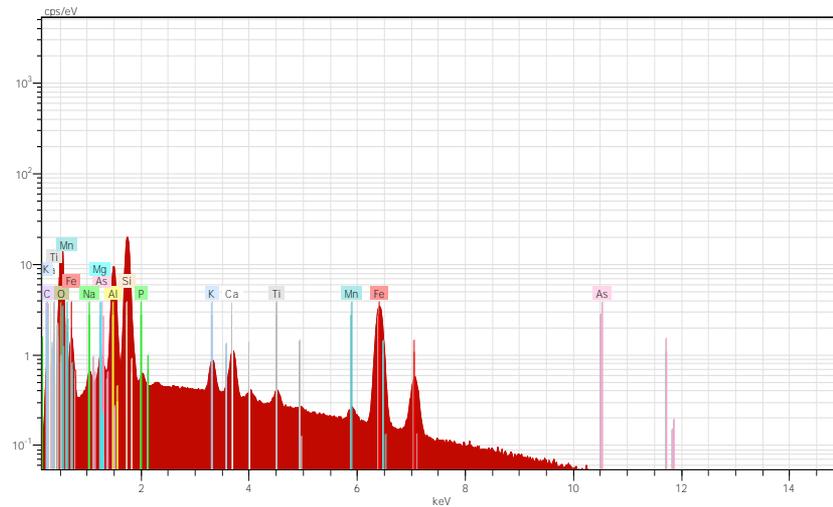
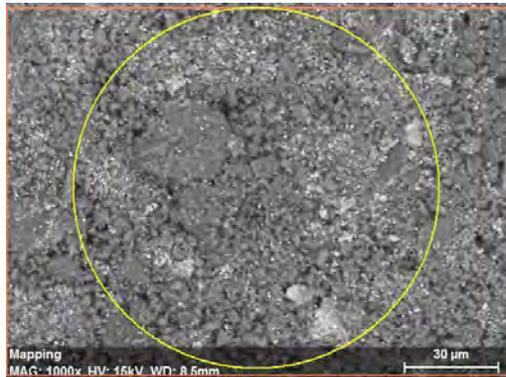
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual

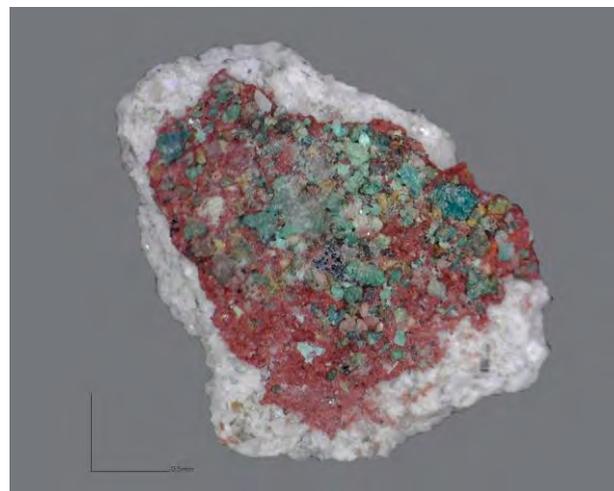


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	42,22
Hierro	19,94
Silicio	18,00
Aluminio	8,06
Carbono	8,01
Calcio	1,37
Potasio	0,72
Manganeso	0,45
Magnesio	0,42
Sodio	0,34
Titanio	0,30
Arsénico	0,25
Fósforo	0,12

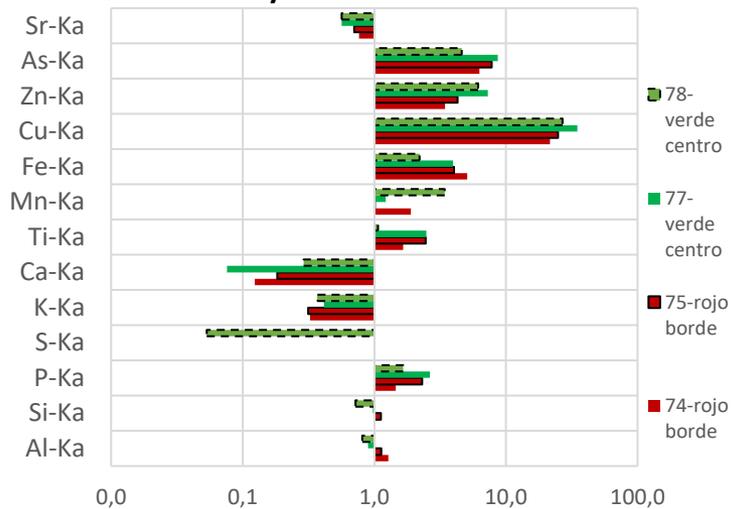
Muestra QJ18



Microscopía óptica 220X

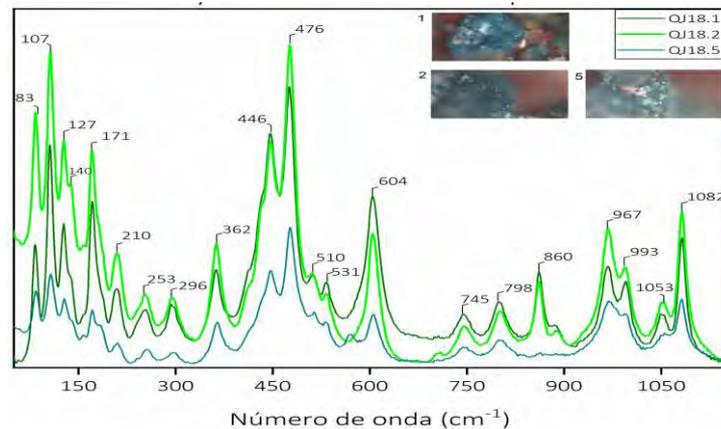


Fluorescencia de Rayos X



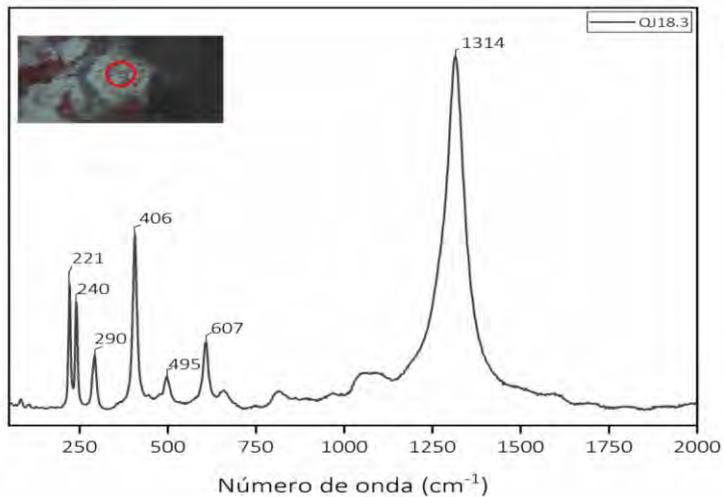
Els. químicos relevantes verde: Cu, P, Zn, As, S; rojo: Fe

Espectroscopía Raman (20X)



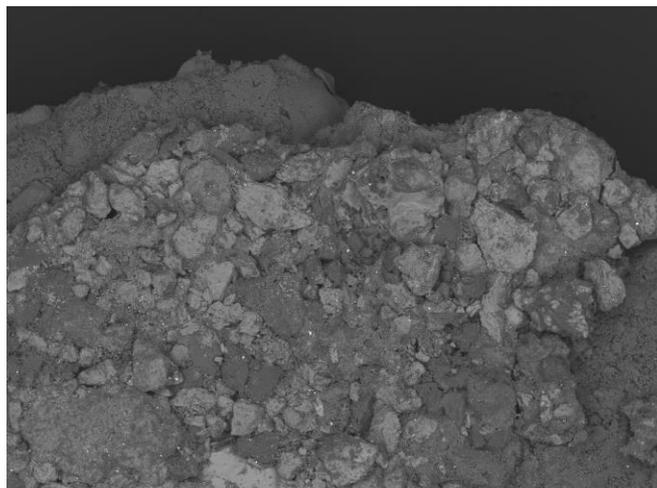
Pseudomalaquita: 83, 107, 127, 140, 171, 210, 253, 296, 362, 446, 476, 510, 531, 604, 745, 798, 860, 967, 993, 1053, 1082 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X) partícula negra en rojo



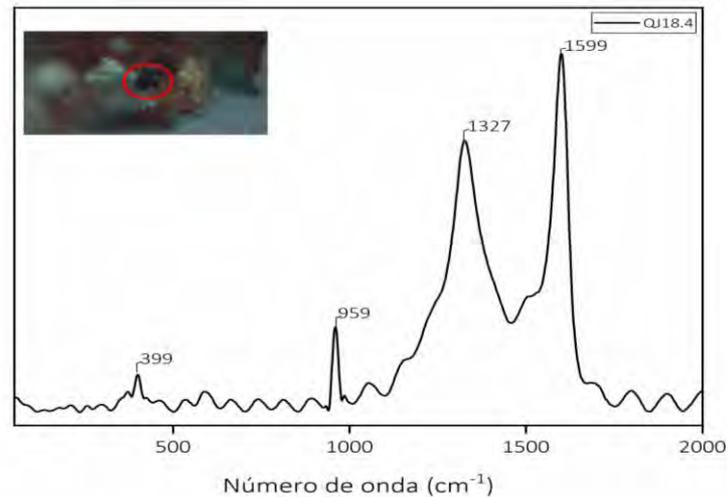
Hematita: 221, 290, 406, 607, 1314 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



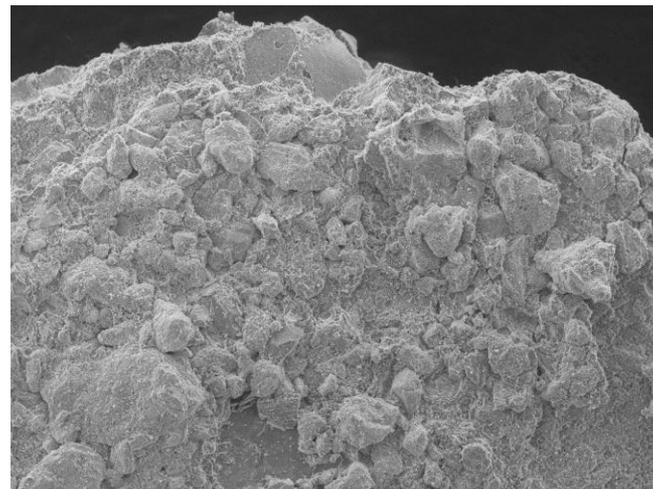
TM3030Plus6833 2020/02/12 10:33 H D8.8 x100 1 mm

Espectroscopía Raman (20X) partícula negra en rojo



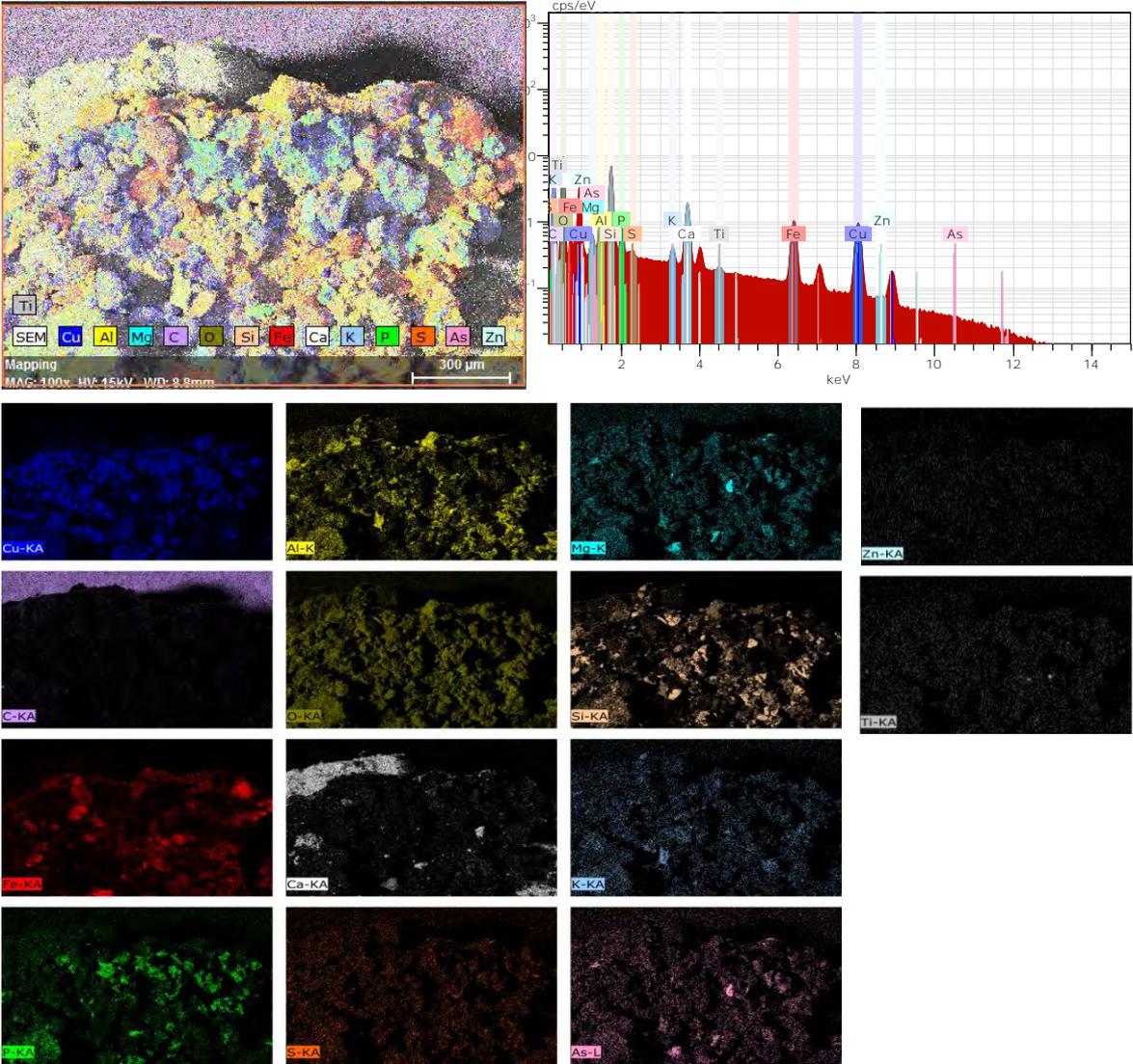
Carbón (negro de hueso): 959, 1327, 1599 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones secundarios

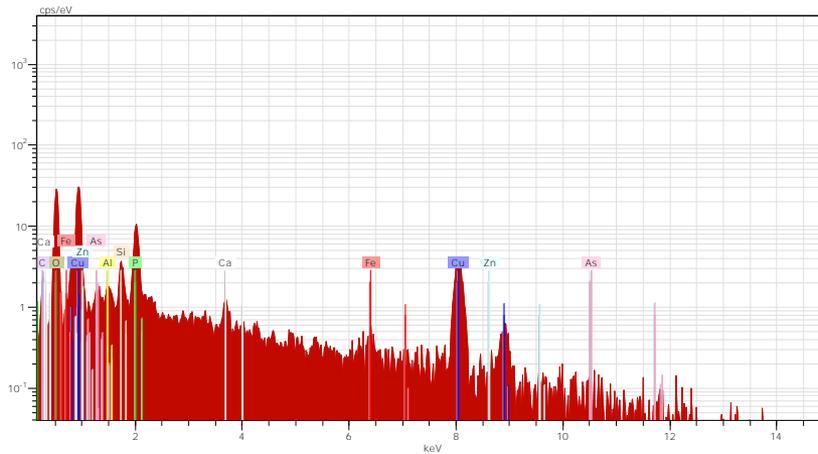


TM3030Plus6833 2020/02/12 10:18 NL UD8.8 x100 1 mm

SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Análisis puntual cristales verdes

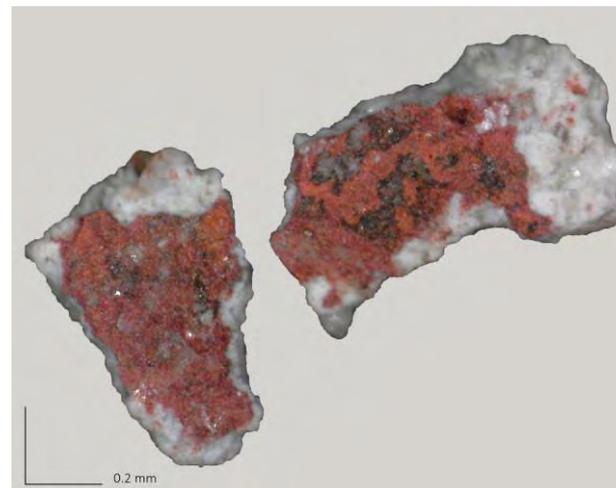


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	41,26
Cobre	38,07
Carbono	8,83
Fósforo	5,87
Silicio	1,47
Arsénico	1,42
Hierro	1
Calcio	0,83
Aluminio	0,67
Zinc	0,46

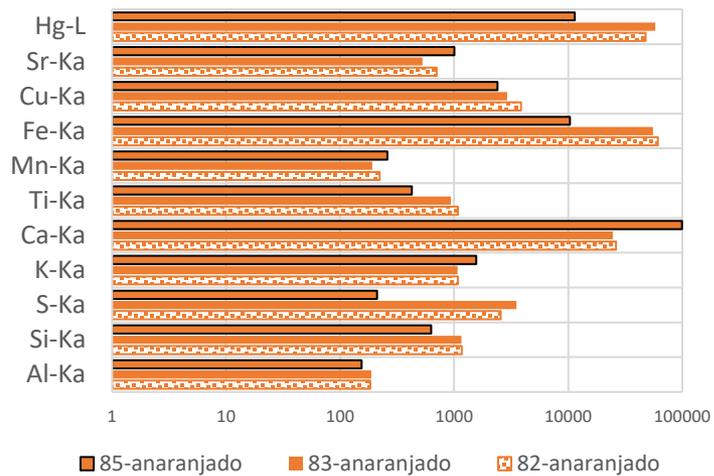
Muestra QJ19



Microscopía óptica 220X

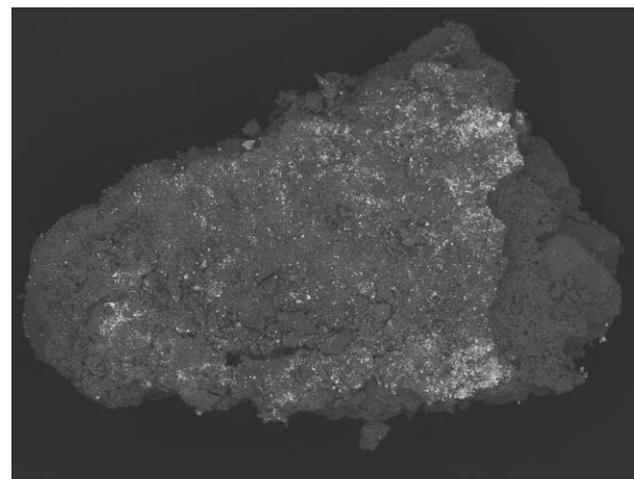


Fluorescencia de Rayos X



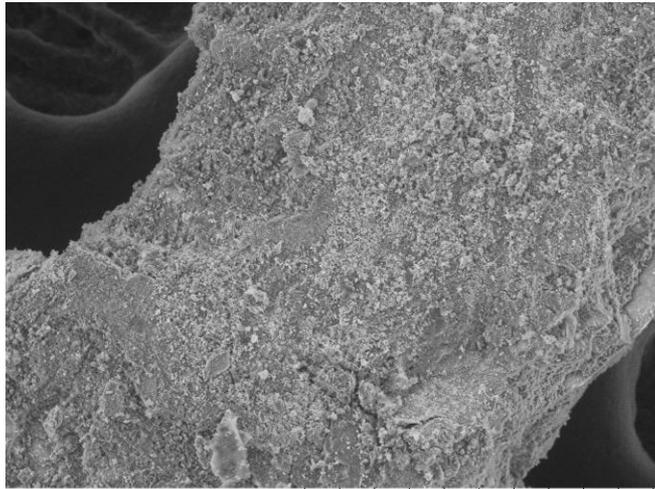
Els. químicos relevantes: Hg, S, Fe, Si, Al

SEM-EDS. Electrones retrodispersados



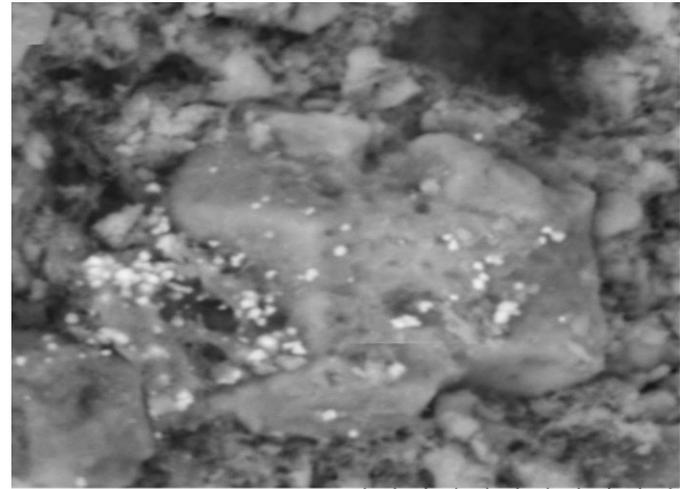
TM3030Plus5743 2019/09/20 13:27 HL D7.9 x180 500 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios



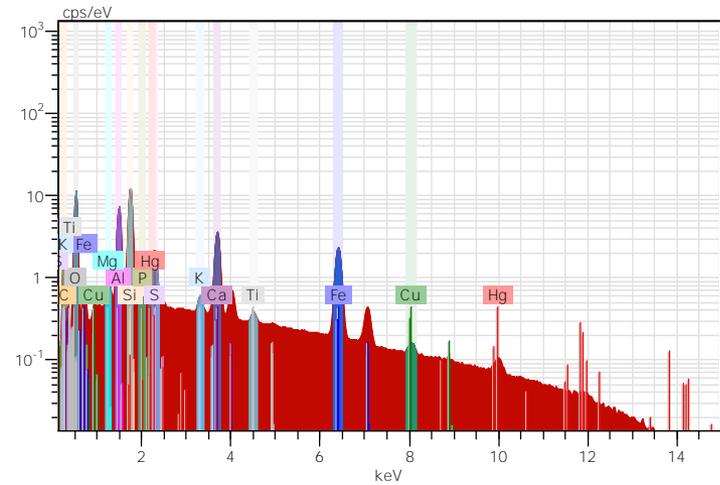
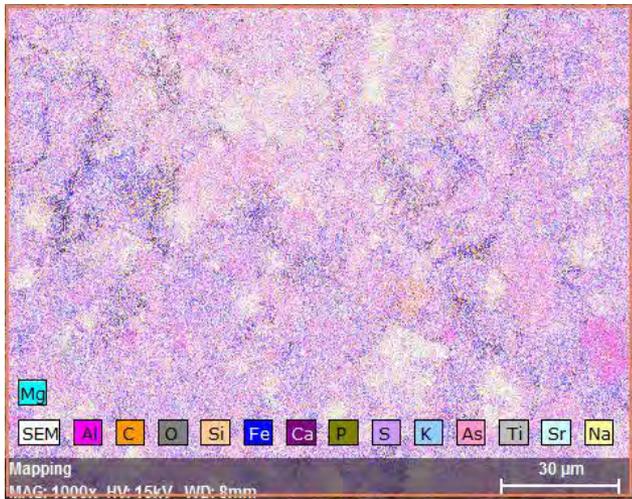
TM3030Plus6854 2020/02/12 12:48 NL UD9.2 x300 300 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios (diatomea)

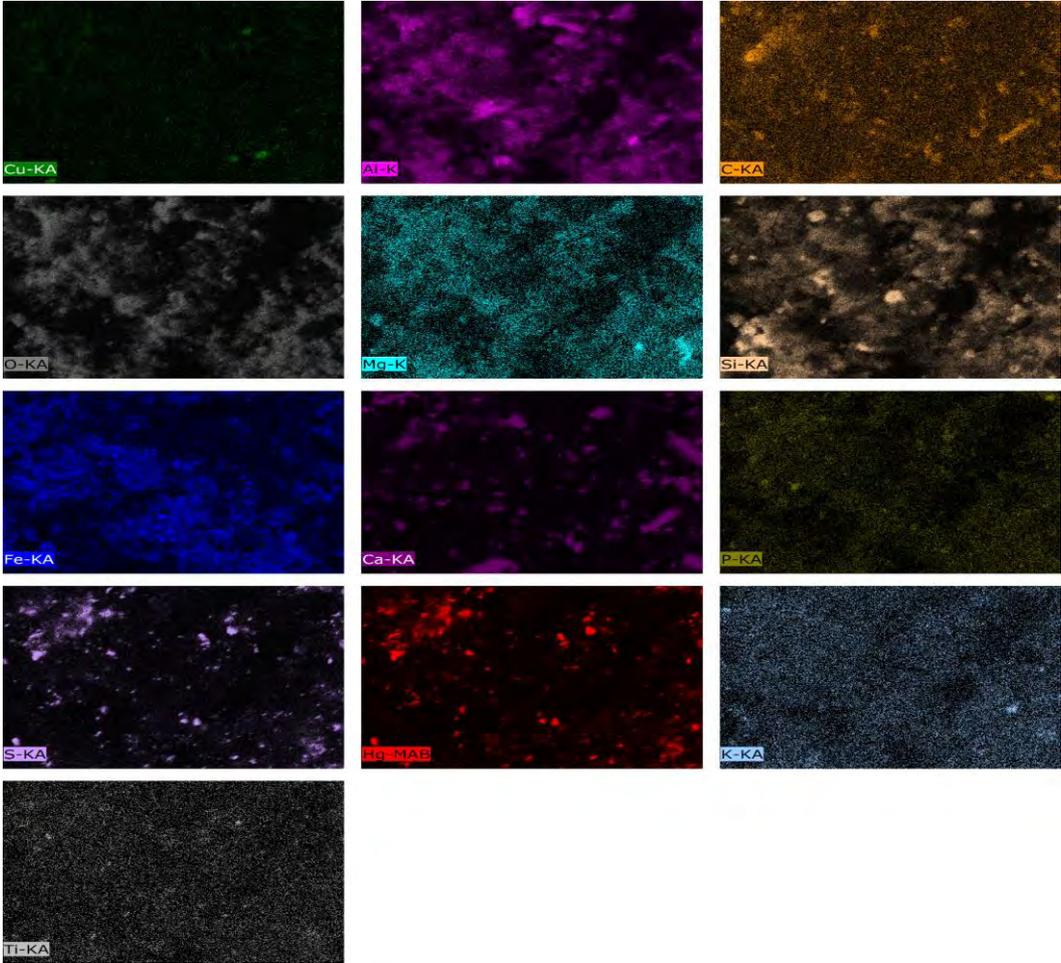


6 2019/09/20 13:59 HL D8.0 x6.0k 10 μm

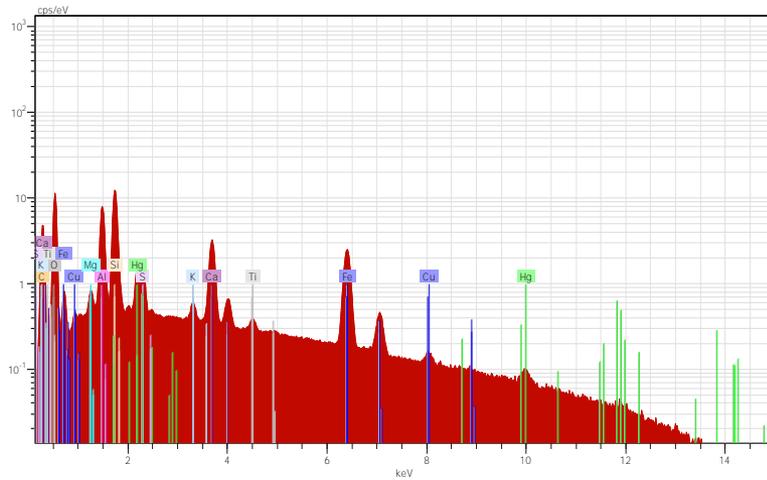
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental

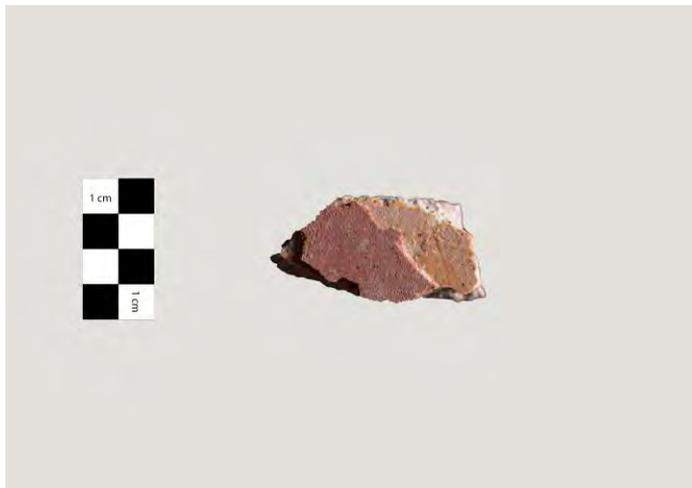


SEM-EDS. Análisis puntual



Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	33,95
Carbono	23,37
Hierro	12,85
Silicio	11,43
Aluminio	6,95
Calcio	5,21
Mercurio	3,96
Azufre	0,93
Cobre	0,48
Potasio	0,33
Magnesio	0,30
Titanio	0,24

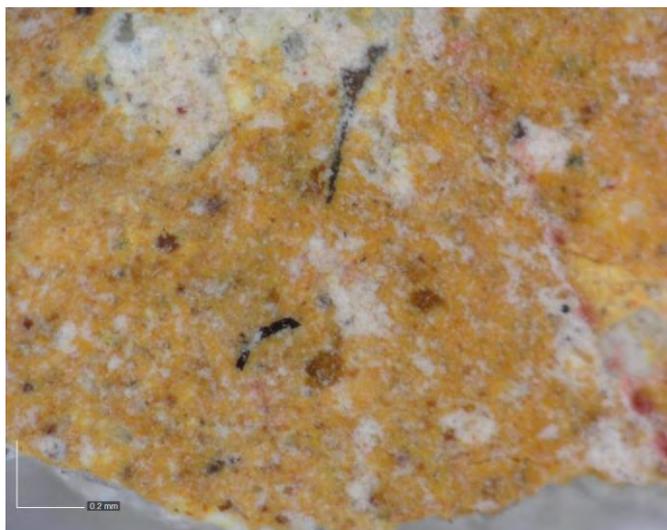
Muestra QJ20



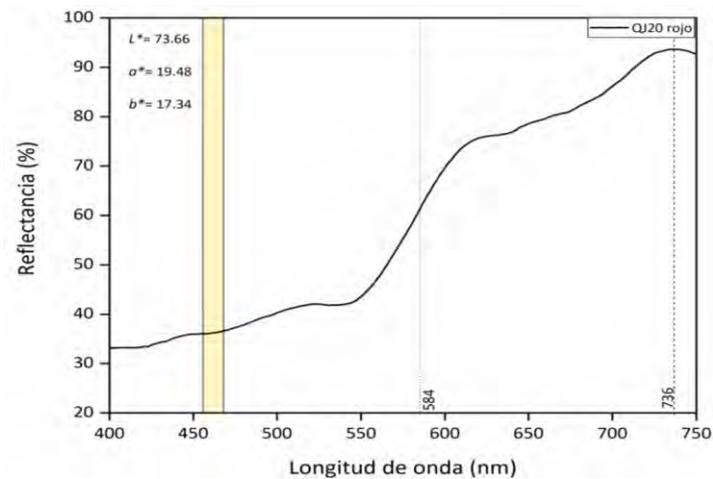
Microscopía óptica 200X



Microscopía óptica 200X

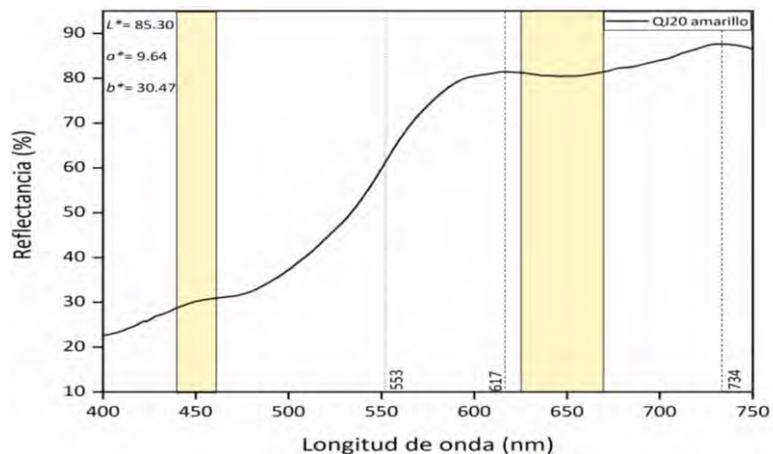


Espectrocolimetría RUBY (rojo)



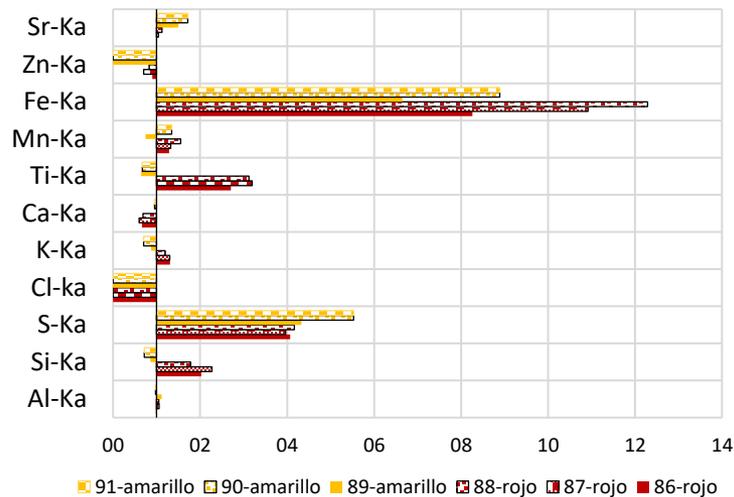
Pto. de inflexión : 587 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
banda absorción: \pm 490

Espectrocolimetría RUBY (amarillo)



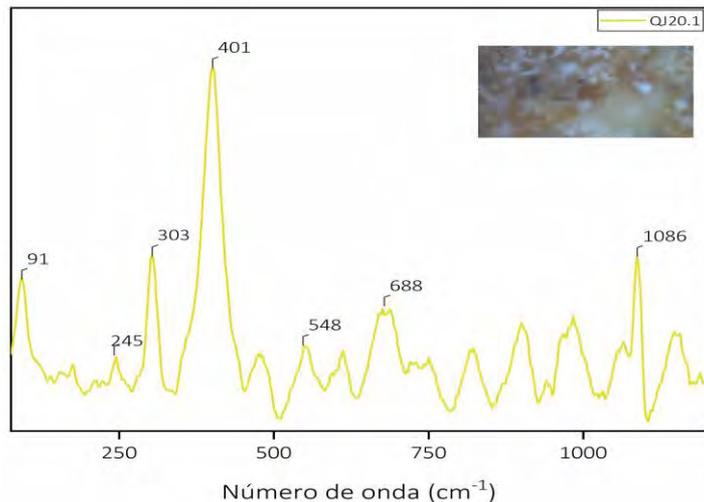
Pto. de inflexión: 553 nm; **Máx. de reflectancia:** 617, 734 nm;
banda absorción: \pm 650; **Shoulder:** 450-480 nm

Fluorescencia de Rayos X



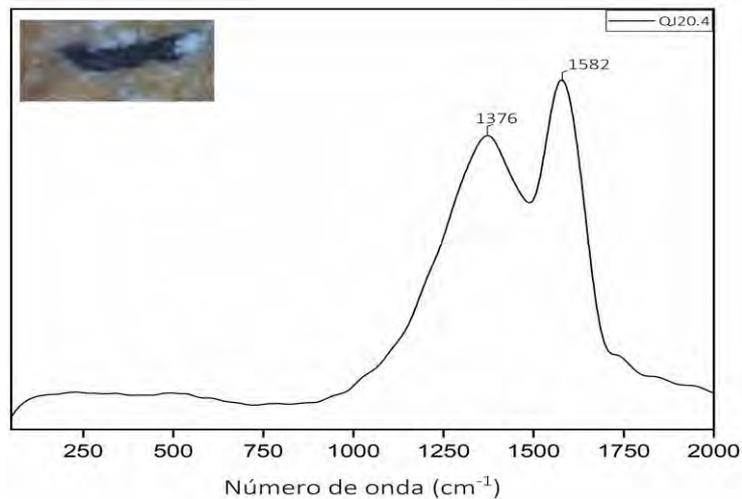
Els. químicos relevantes: Fe, Ca, Al, Si

Espectroscopía Raman (20X)



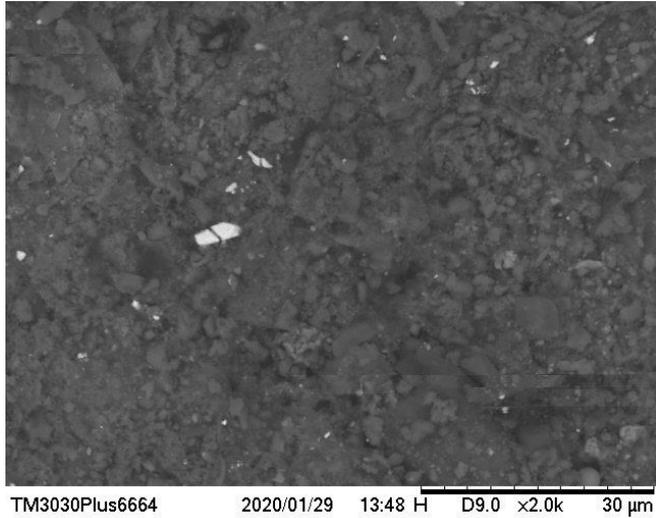
Goethita: 245, 303, 401, 548, 688, **calcita:** 1086 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X), part. negra en amarillo

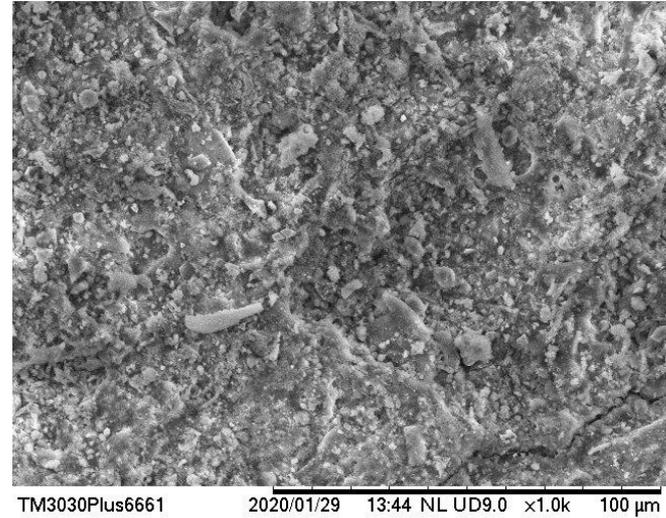


Carbón: 1376, 1582 cm^{-1}

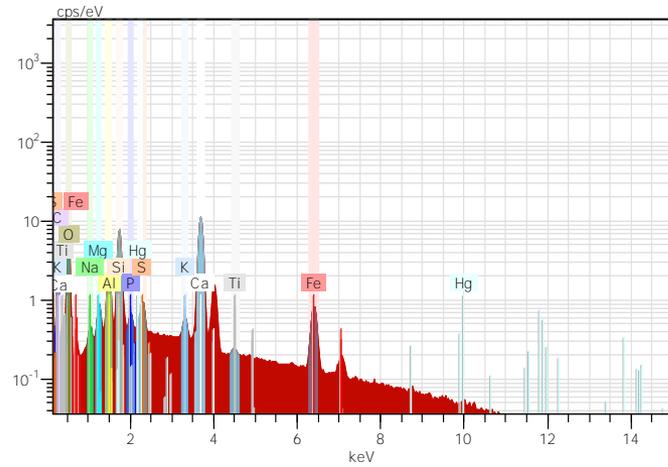
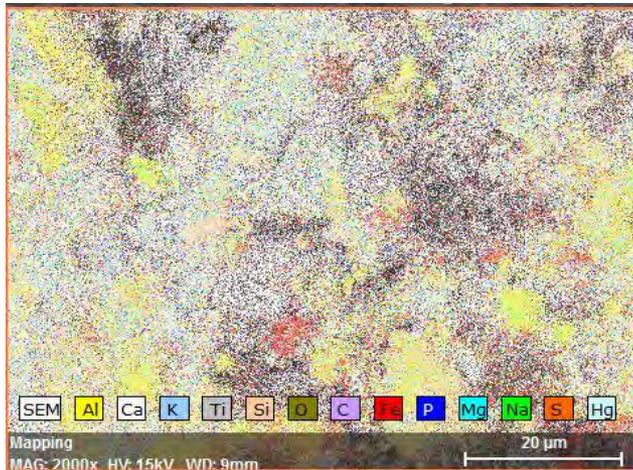
SEM-EDS. Electrones secundarios



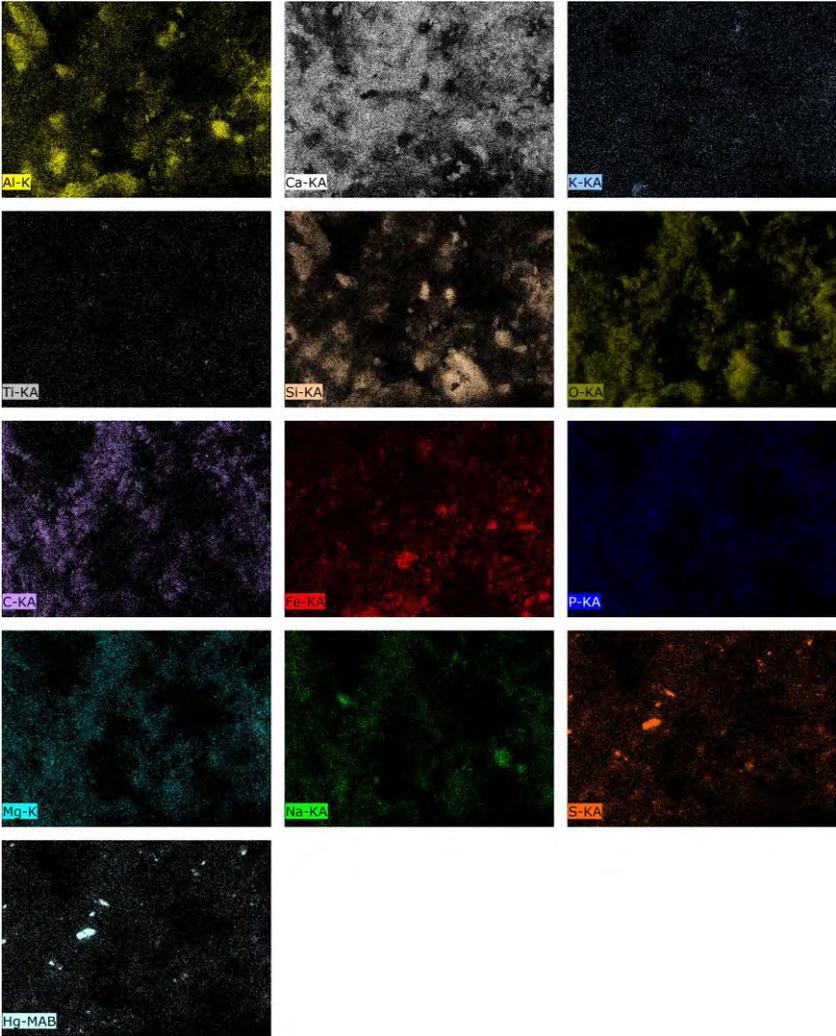
SEM-EDS. Electrones secundarios (diatomea)



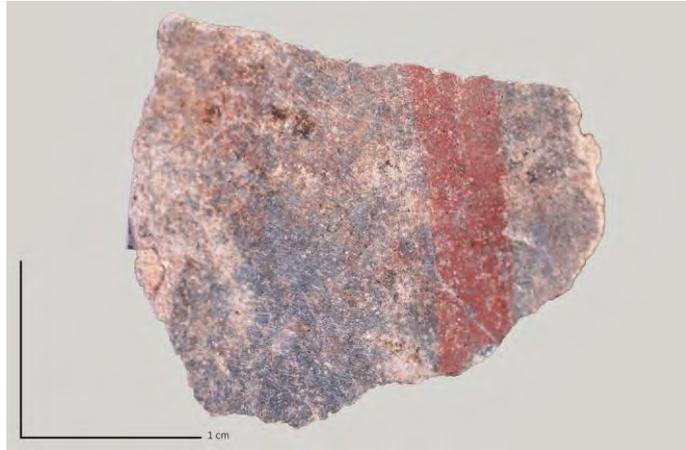
SEM-EDS. Mapeo elemental



SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



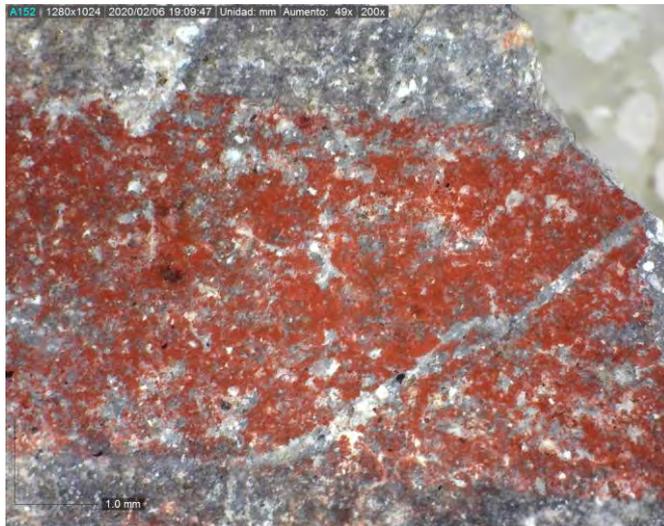
Muestra QJ21



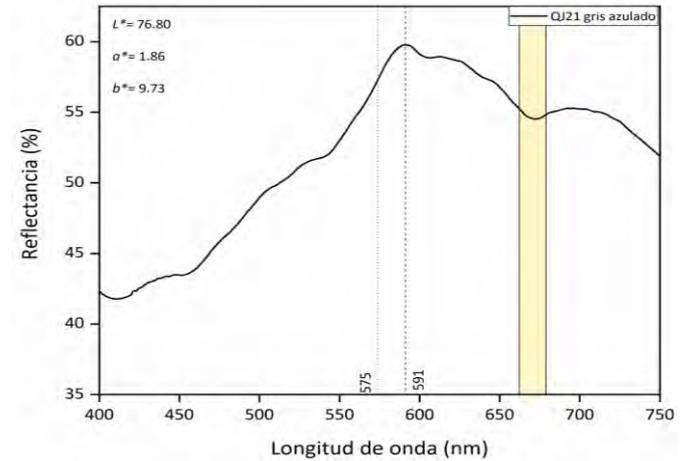
Microscopía óptica 50X



Microscopía óptica 50X

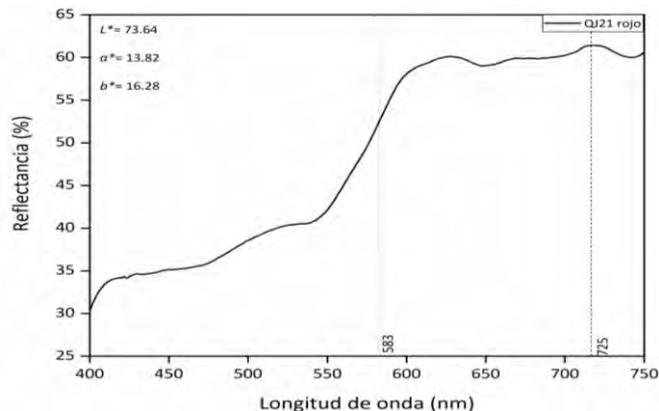


Espectrocolimetría RUBY (gris azulado)



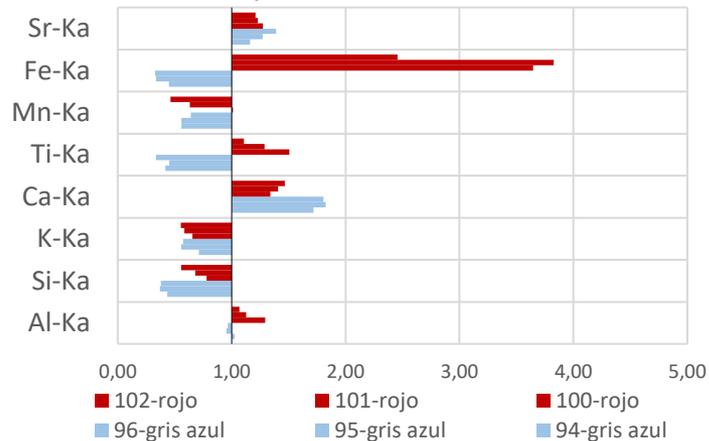
Pto. de inflexión : 575 nm; Máx. de reflectancia: 591 nm;
banda absorción: \pm 670

Espectrocolimetría RUBY (gris azulado)



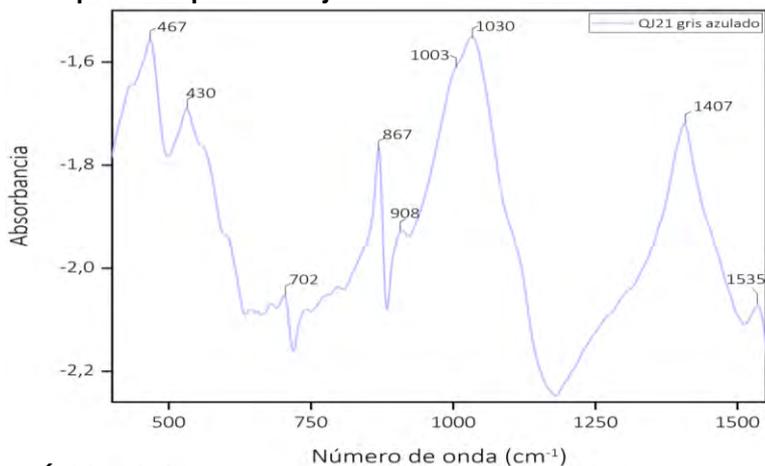
Pto. de inflexión : 583 nm; **Máx. de reflectancia:** 725 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



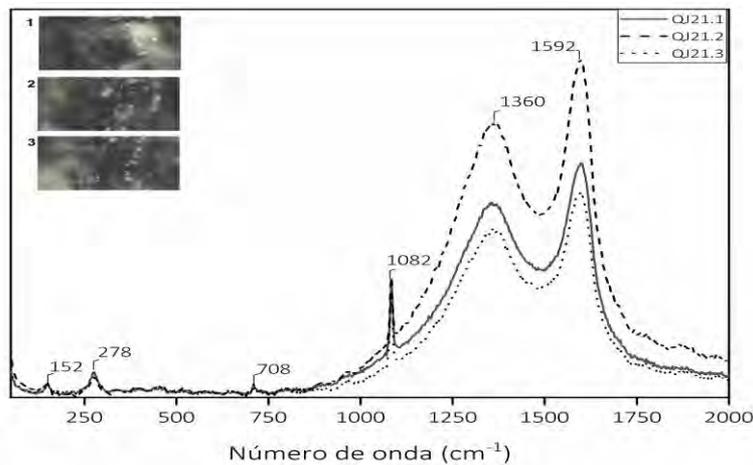
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Al, Si; **gris azulado:** Ca

Espectroscopia infrarroja



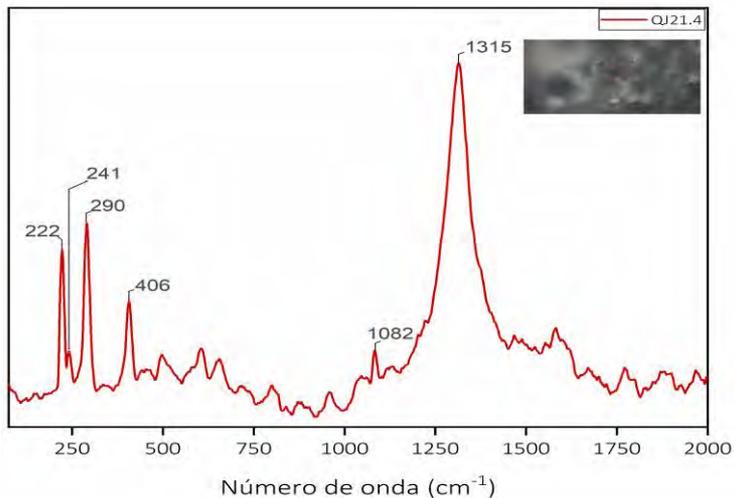
Óxidos de hierro: 467, 530; **calcita:** 702, 867, 1407, 1535;
caolinita: 908, 1003, 1030 cm^{-1}

Espectroscopia Raman (20X) gris azulado



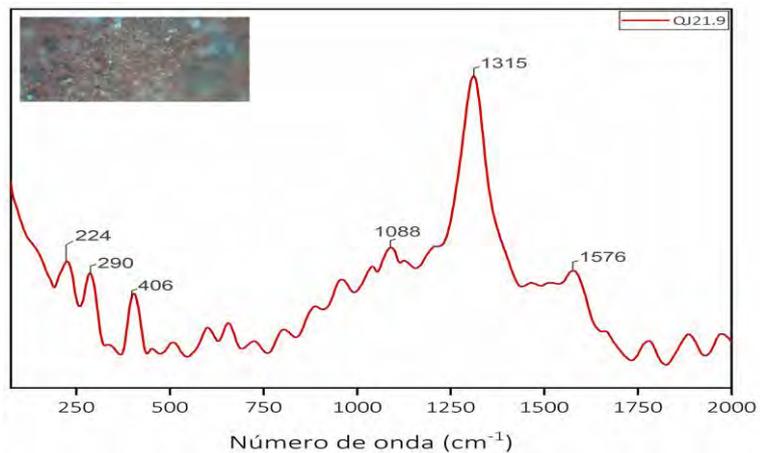
Carbón: 1360, 1592; **calcita:** 152, 278, 1082 cm^{-1}

Espectroscopia Raman (50X) part. roja en gris azulado



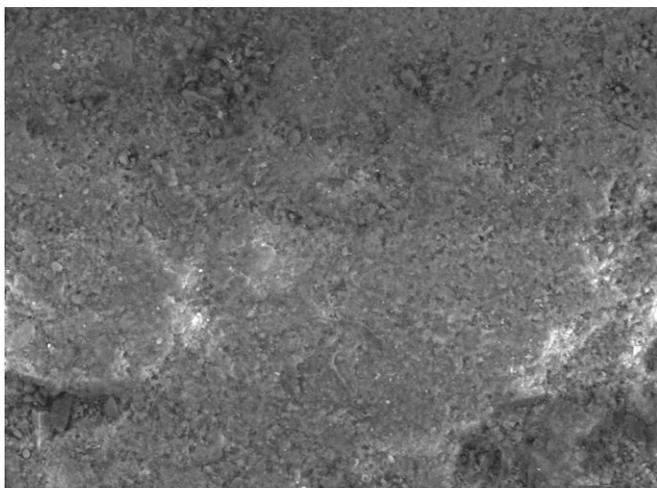
Hematita: 222, 290, 406, 1315 cm^{-1}

Espectroscopia Raman banda roja



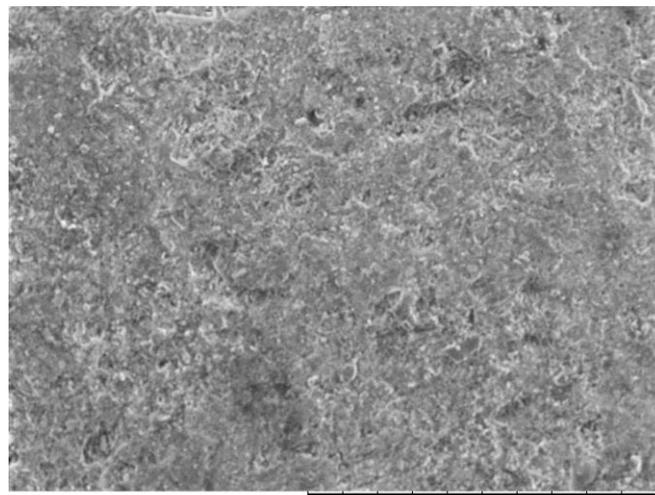
Hematita: 224, 290, 406, 1315; **calcita:** 1088 cm^{-1}

SEM-EDS. Electrones retroalimentados (gris azulado)



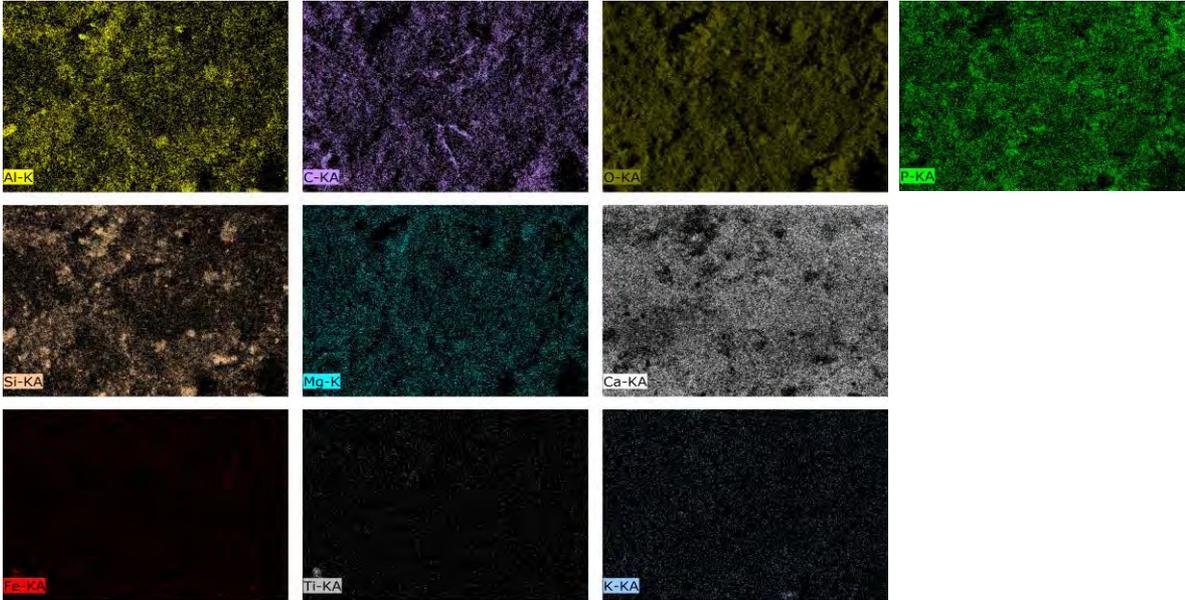
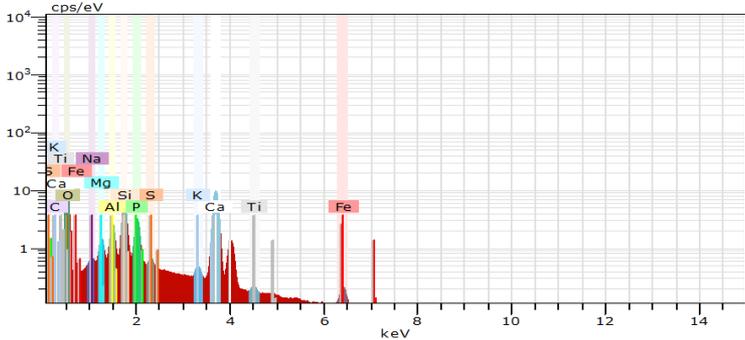
TM3030Plus6885 2020/02/14 10:34 H D8.5 x1.0k 100 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios (gris azulado)

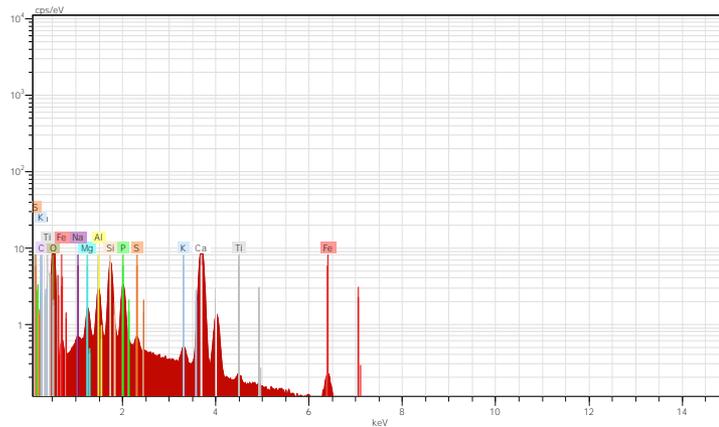
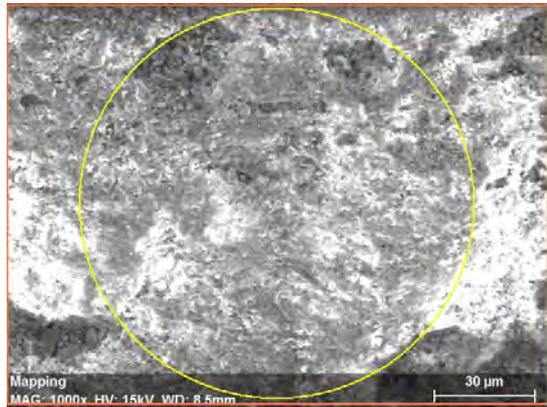


TM3030Plus6881 2020/02/14 10:29 NL UD8.2 x300 300 μm

SEM-EDS. Mapeo elemental (gris azulado)

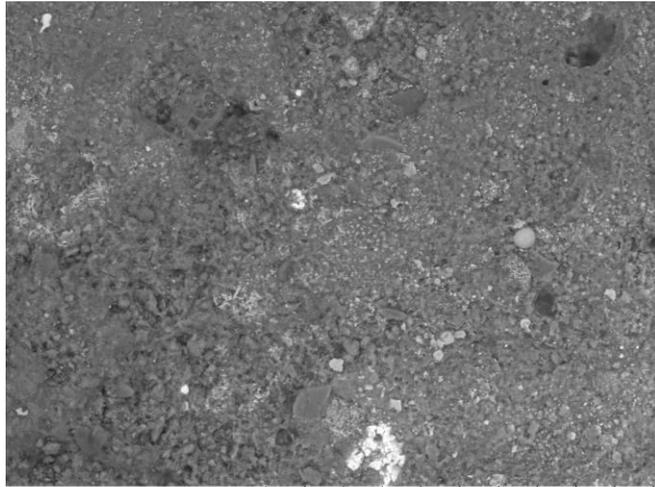


SEM-EDS. Análisis puntual (gris azulado)



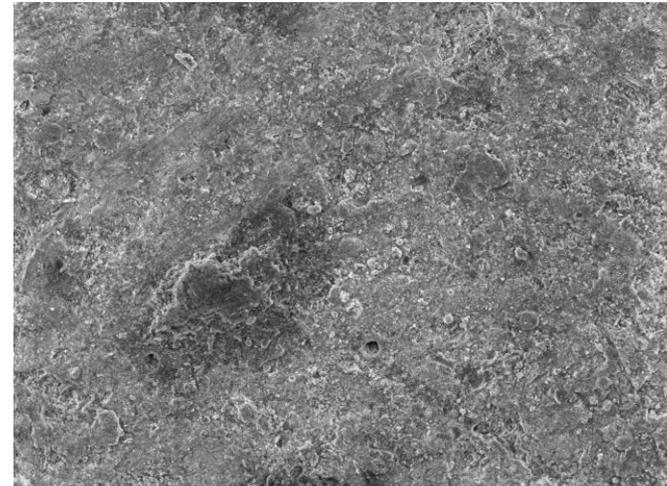
Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	54,34
Calcio	18,09
Carbono	15,36
Silicio	4,71
Fósforo	2,36
Aluminio	1,96
Magnesio	1,08
Hierro	1,03
Sodio	0,49
Potasio	0,28
Azufre	0,20
Titanio	1,09

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (rojo)



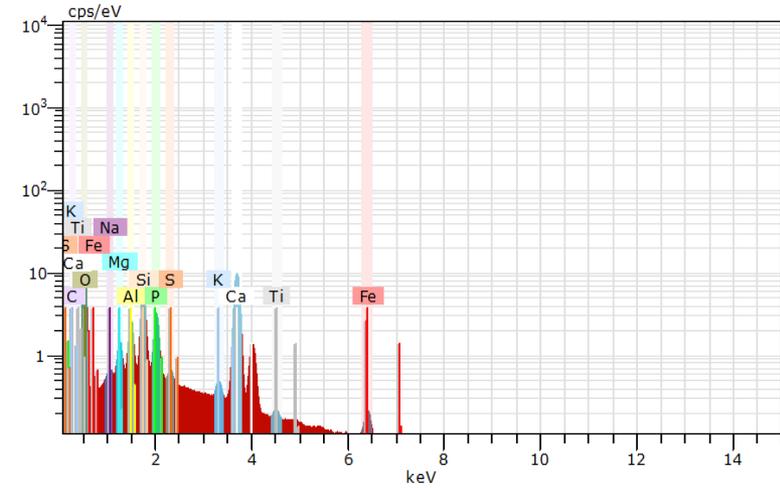
TM3030Plus6879 2020/02/14 10:07 N D8.2 x1.0k 100 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios (rojo)

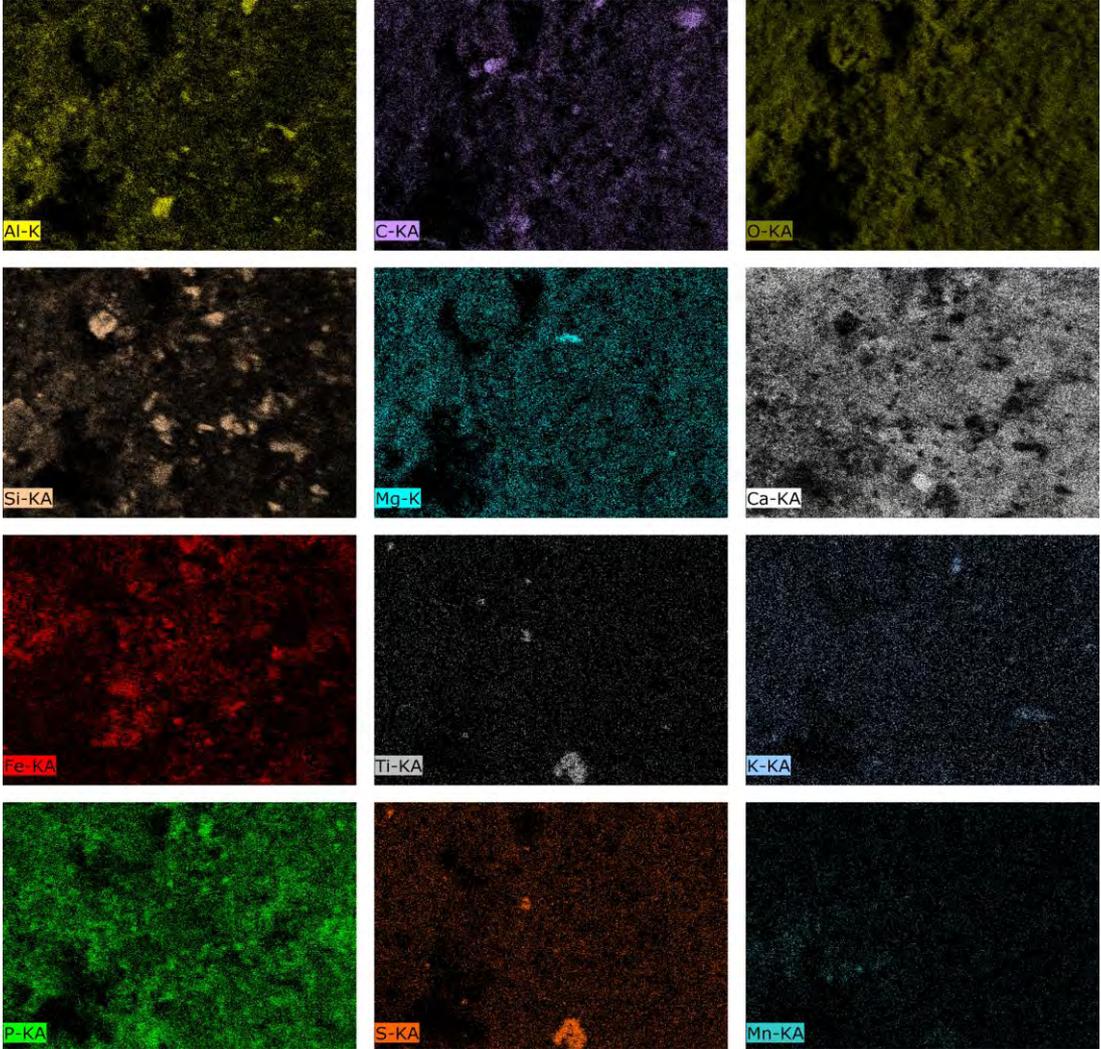


TM3030Plus6875 2020/02/14 10:02 NL UD8.3 x300 300 µm

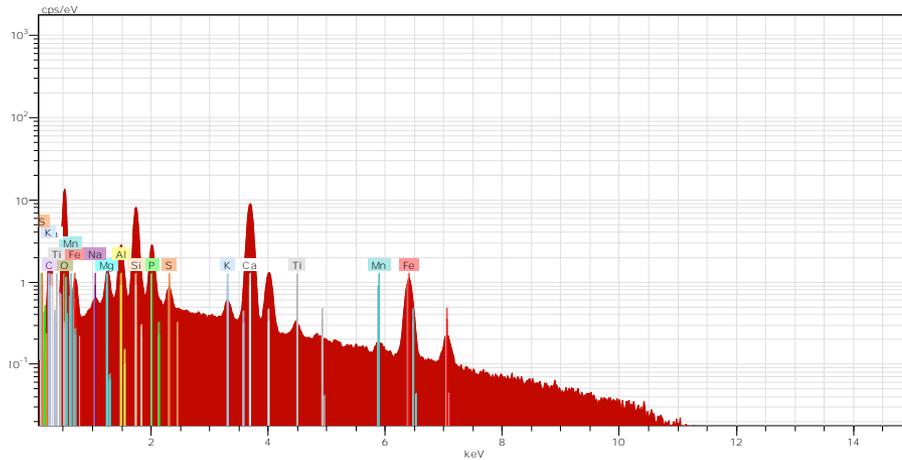
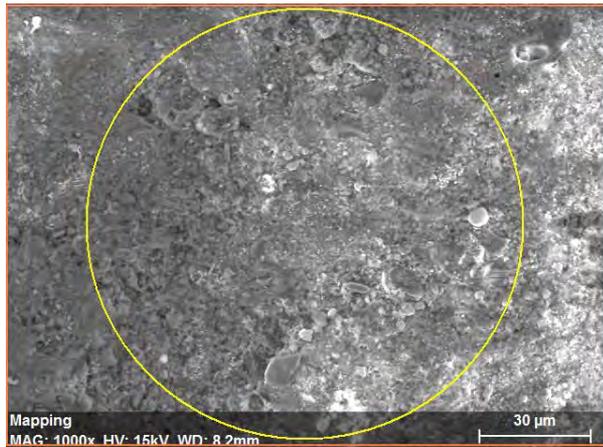
SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



SEM-EDS. Análisis puntual (rojo)

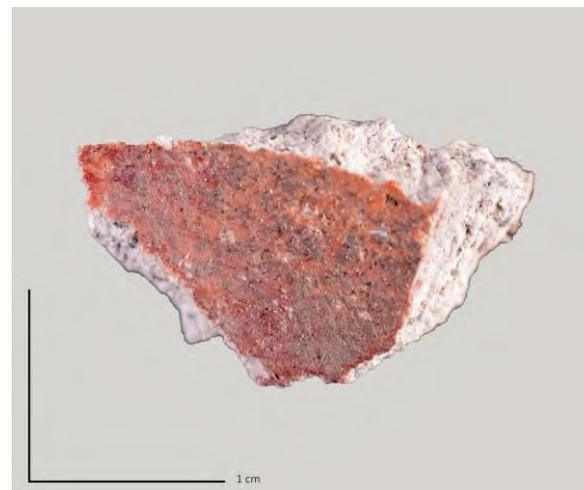


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	50,68
Calcio	16,61
Carbono	12,49
Hierro	6,65
Silicio	6,65
Fósforo	2,20
Aluminio	2,06
Magnesio	0,95
Sodio	0,43
Azufre	0,38
Potasio	0,37
Titanio	0,32
Manganeso	0,21

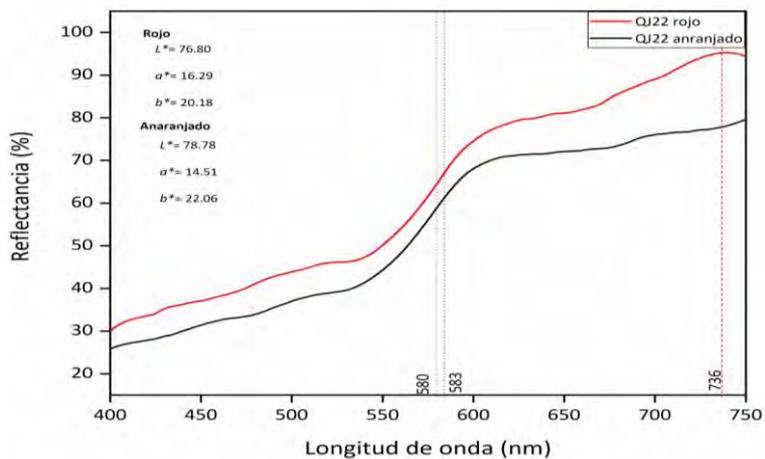
Muestra QJ22



Microscopía óptica 50X

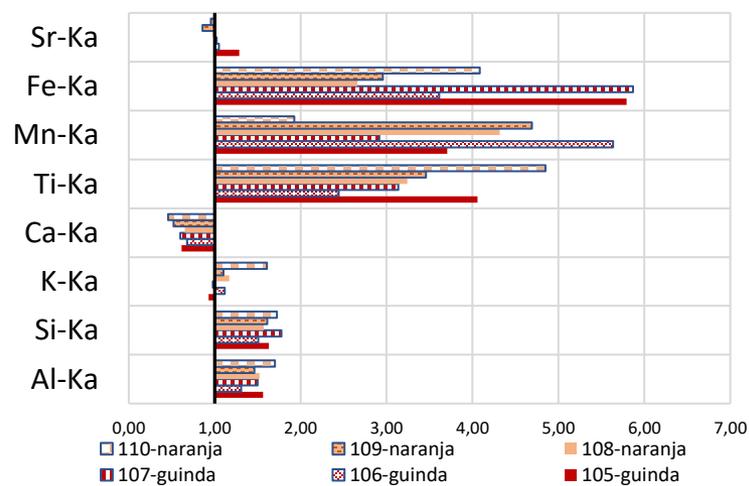


Espectrocolorimetría RUBY



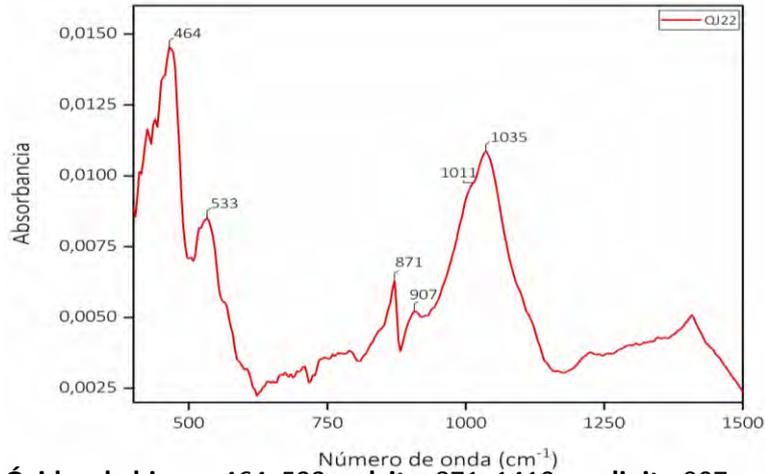
Pto. de inflexión : 587 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm;
 banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



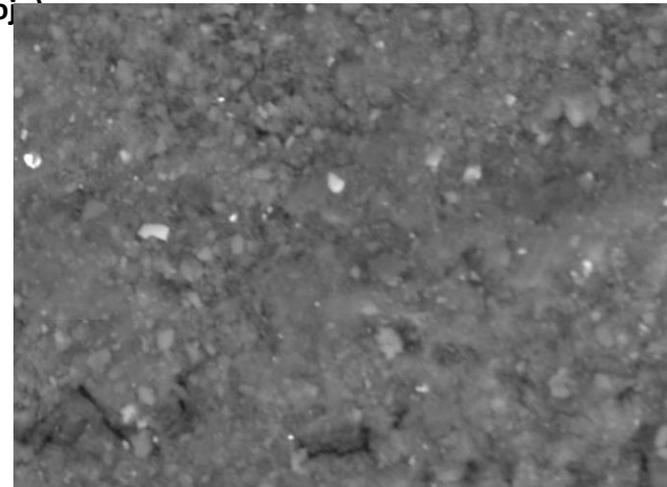
Els. químicos relevantes : Fe, Ti, Si, Al

Espectroscopia infrarroja



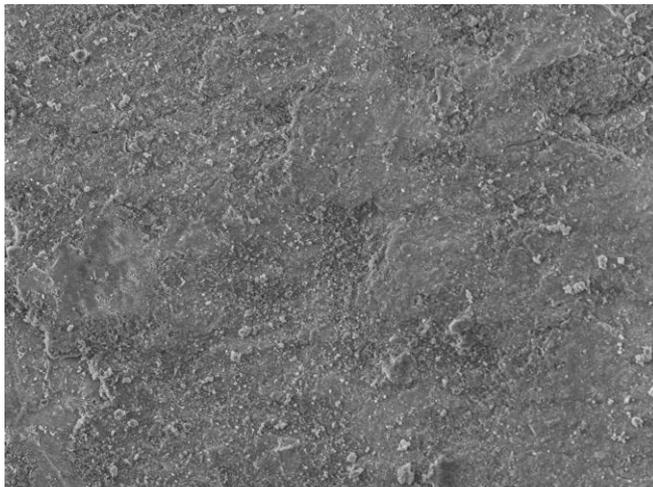
Óxidos de hierro: 464, 533; calcita: 871, 1410, caolinita: 907, 1011, 1035 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (rojo)



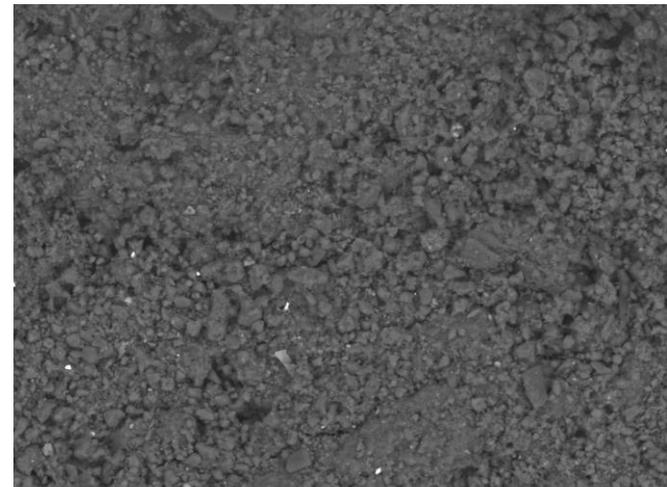
TM3030Plus6892 2020/02/14 11:20 H D8.3 x4.0k 20 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios (rojo)



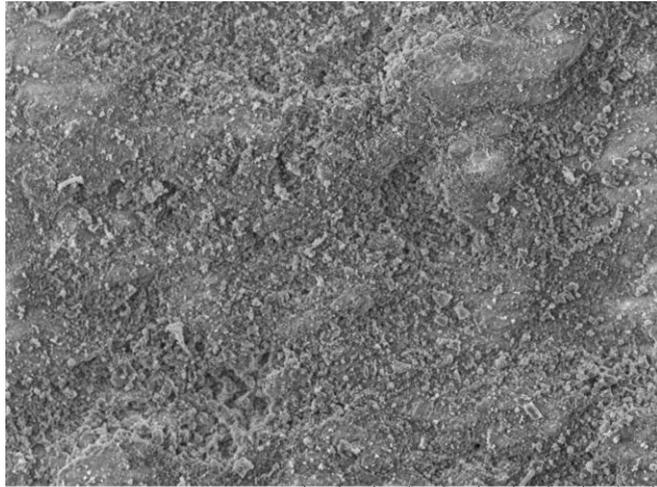
TM3030Plus6888 2020/02/14 11:16 NL UD8.4 x300 300 μm

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (anaranjado)



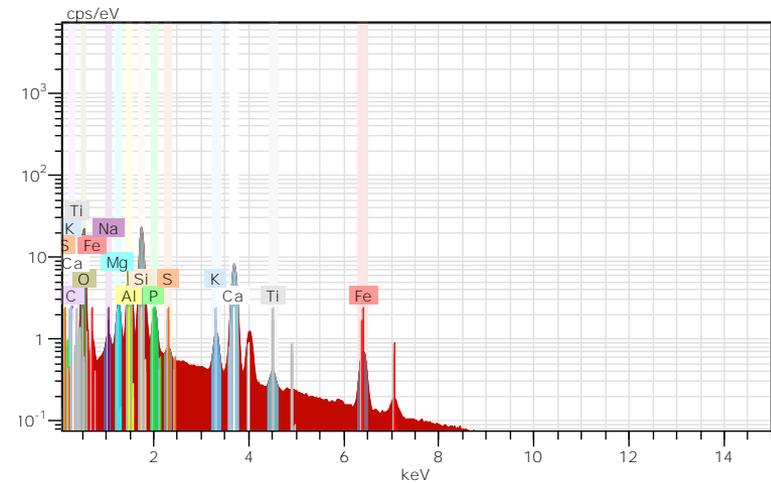
TM3030Plus6898 2020/02/14 11:39 HM D9.2 x1.0k 100 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios (anaranjado)

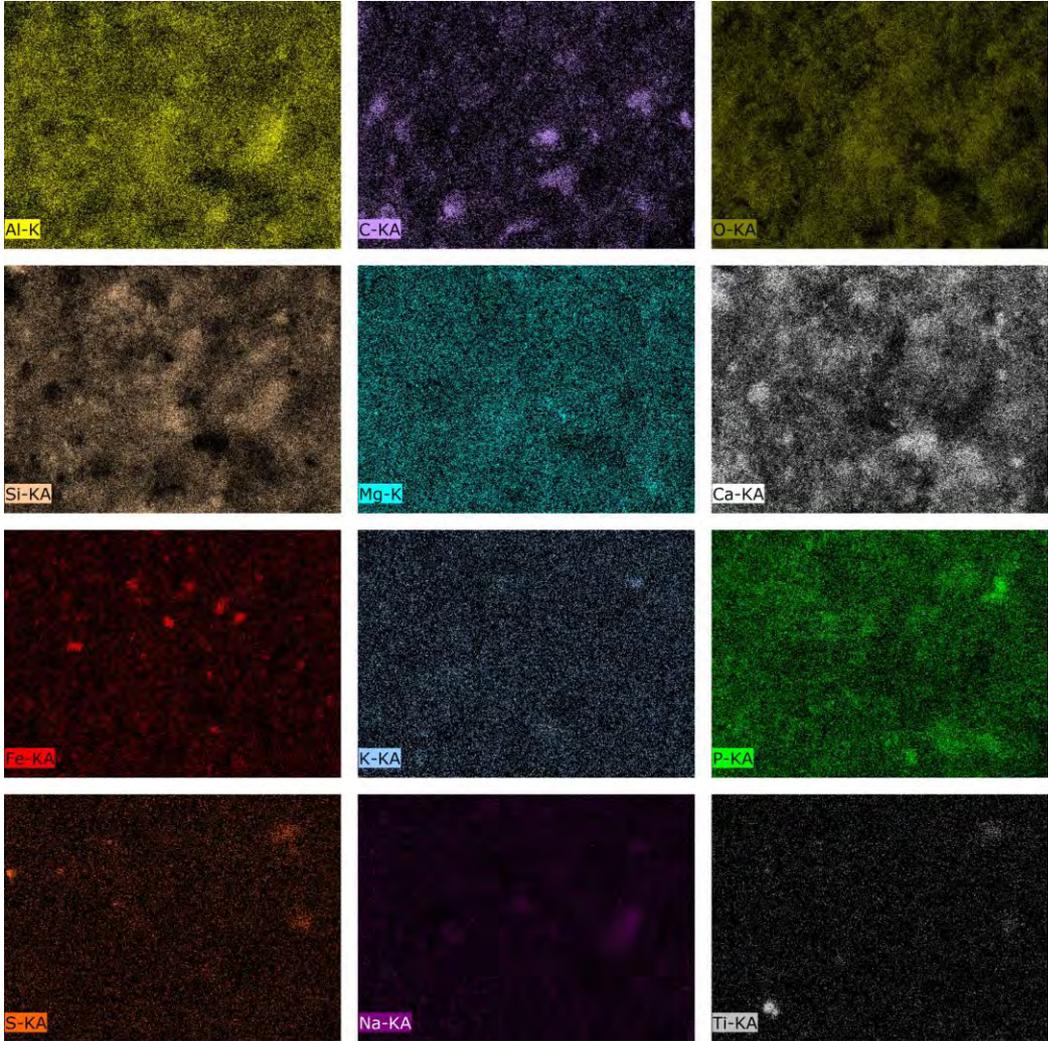


TM3030Plus6894 2020/02/14 11:36 NL UD9.1 x300 300 µm

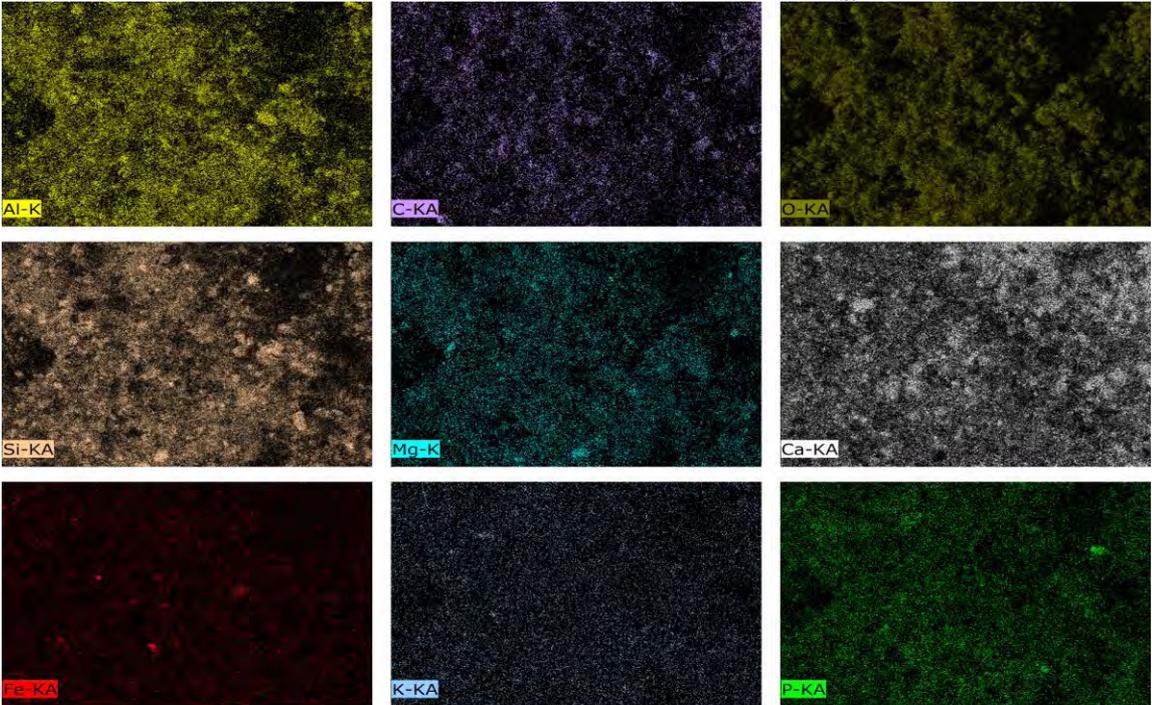
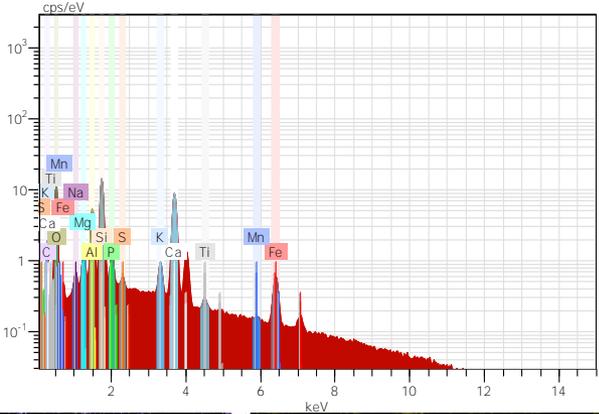
SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



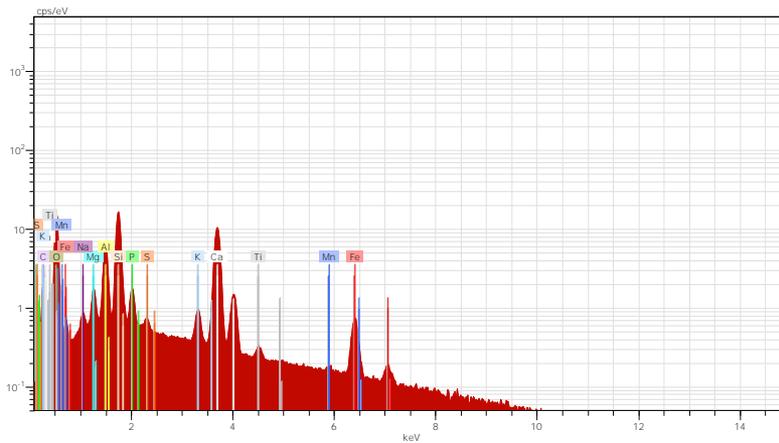
SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



SEM-EDS. Mapeo elemental (anaranjado)



SEM-EDS. Análisis puntual (anaranjado)

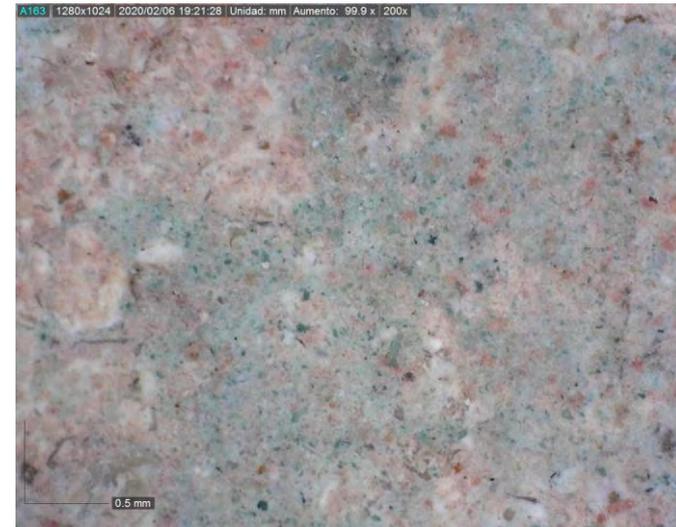


Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	49,16
Calcio	15,40
Carbono	12,43
Silicio	11,98
Aluminio	4,18
Hierro	3,08
Fósforo	1,11
Magnesio	0,93
Potasio	0,68
Sodio	0,51
Azufre	0,22
Titanio	0,19
Manganeso	0,12
Total	100

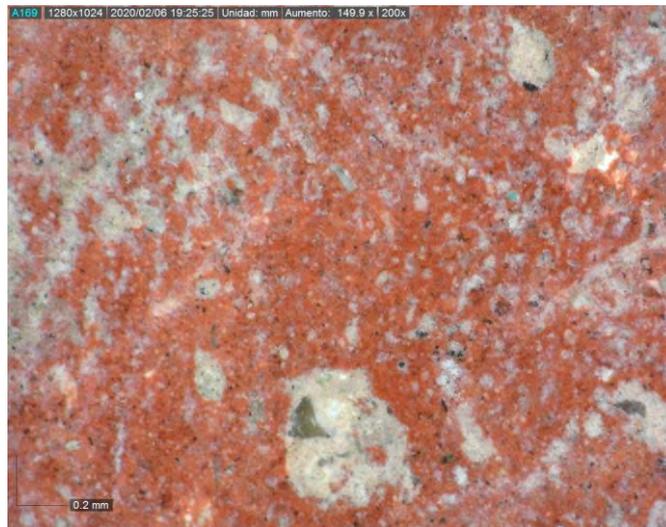
Muestra QJ23



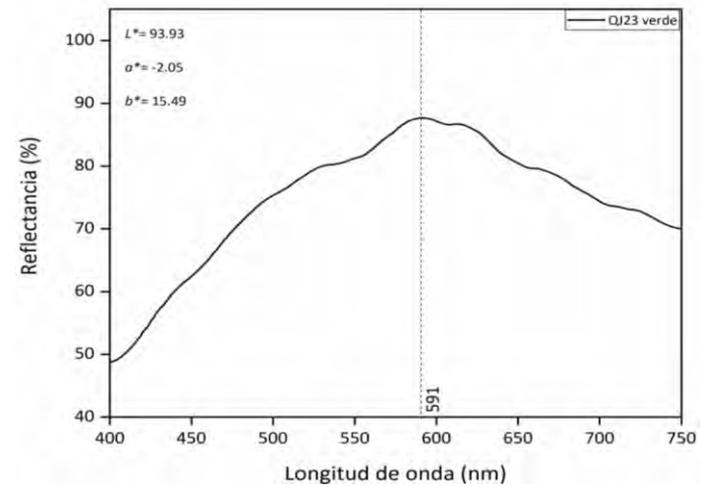
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 150X

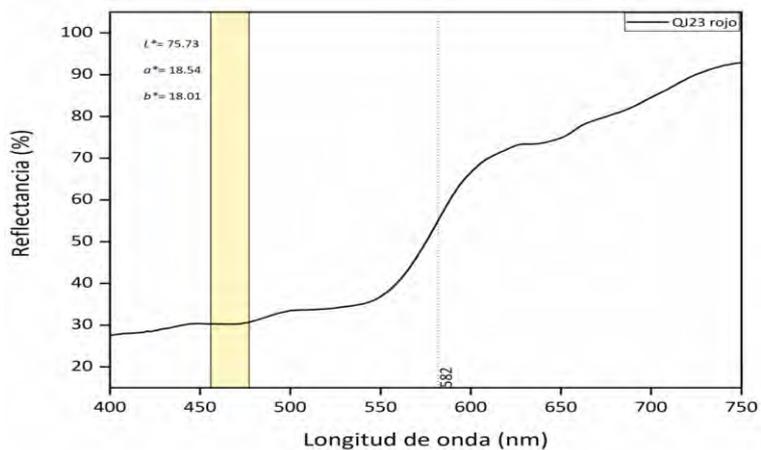


Espectrocolorimetría RUBY (verde)



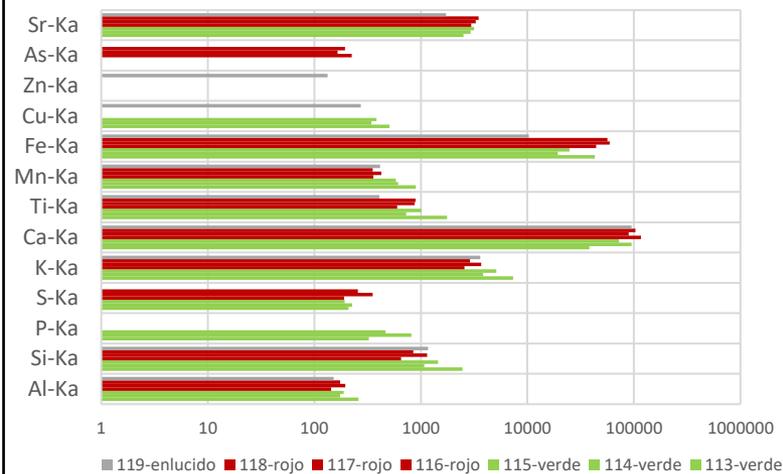
Máx. de reflectancia: 591 nm

Espectrocolimetría RUBY (rojo)



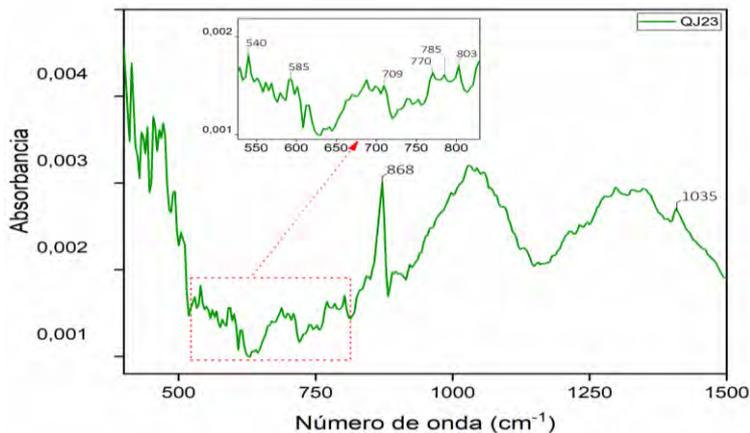
Pto. de inflexión : 587 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm;
banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



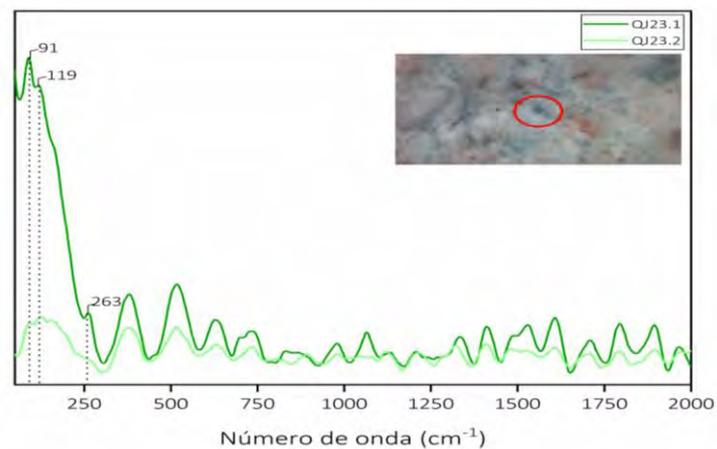
Els. químicos relevantes rojo: Fe, Ca, Al, Si; **verde:** Cu, P

Espectroscopia infrarroja



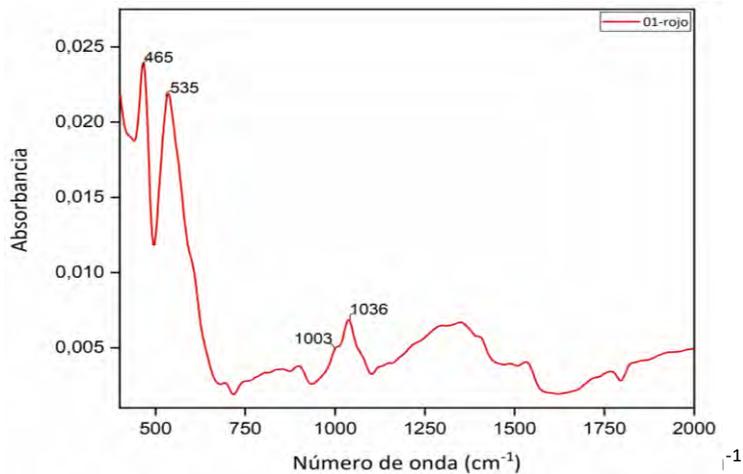
Oxidos de hierro: 465, 539; **malaquita:** 540, 770, 785, 803;
carbonato: 865, 1405 cm^{-1}

Espectroscopia Raman (20X) gris azulado



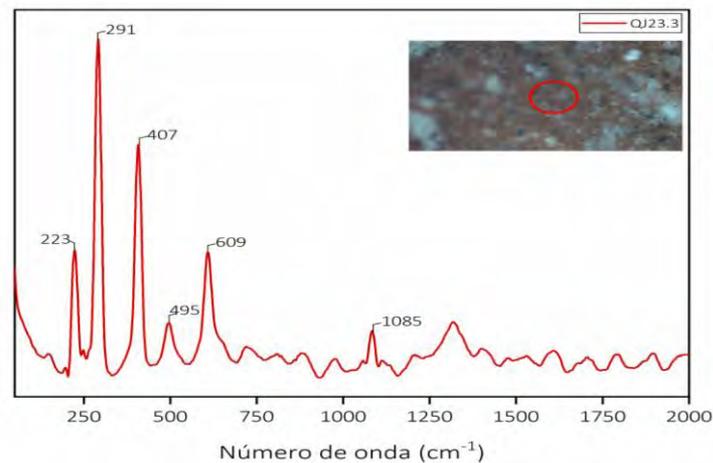
Carbón: 1360, 1592; **calcita:** 152, 278, 1082 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



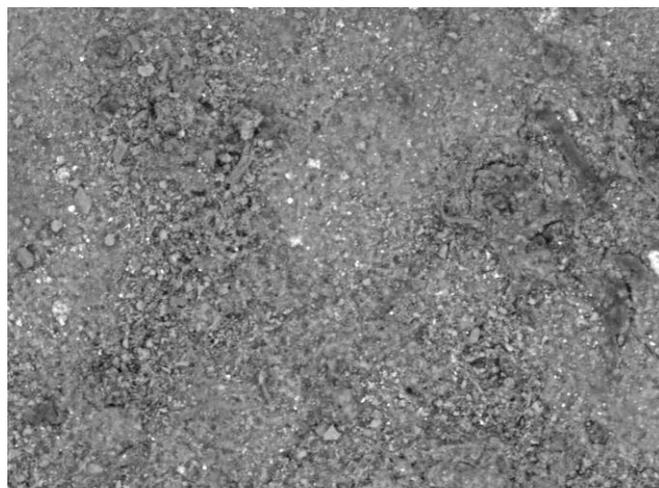
Óxidos de hierro: 465, 535, aluminosilicato: 1003, 1036 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X) rojo



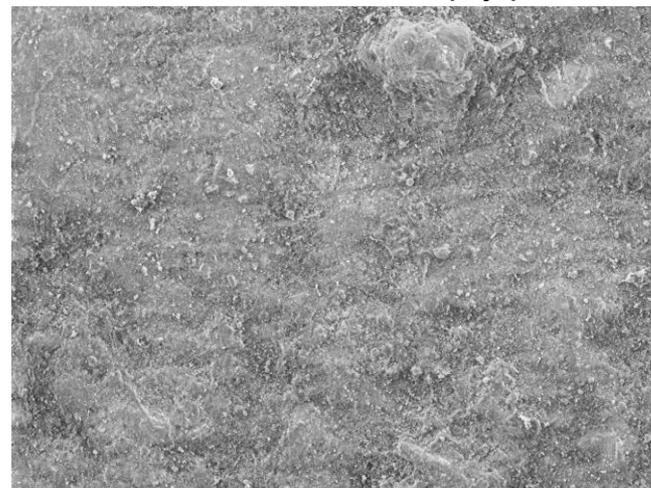
Hematita: 223, 291, 407, 609; calcita; 1085 cm⁻¹

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (rojo)



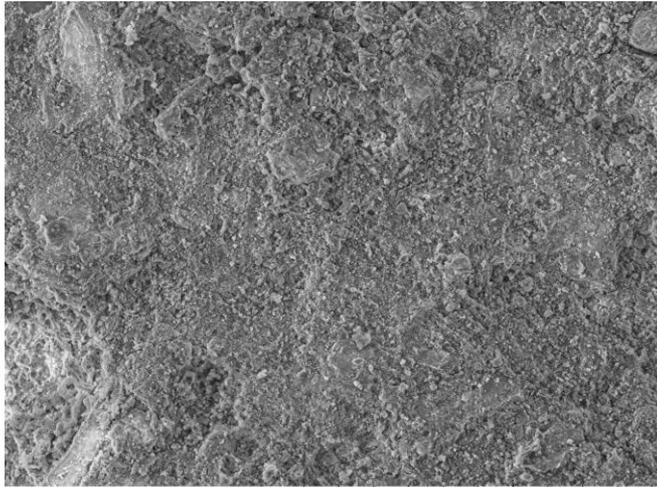
TM3030Plus6917 2020/02/14 13:08 HM D9.0 x1.0k 100 μm

SEM-EDS. Electrones secundarios (rojo)



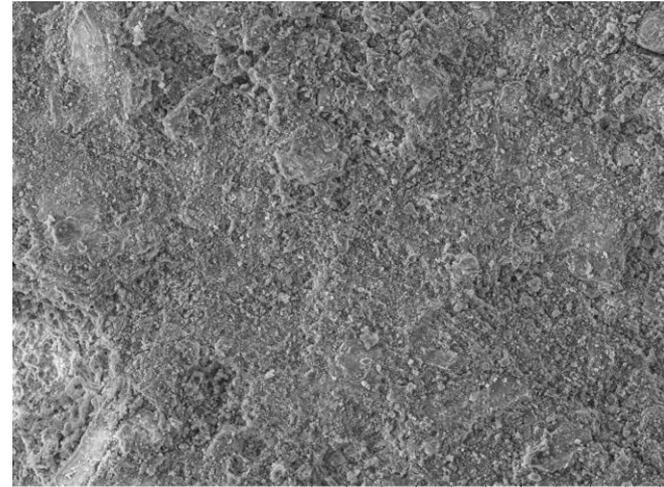
TM3030Plus6913 2020/02/14 13:03 NL UD9.0 x300 300 μm

SEM-EDS. Electrones retrodispersados (verde)



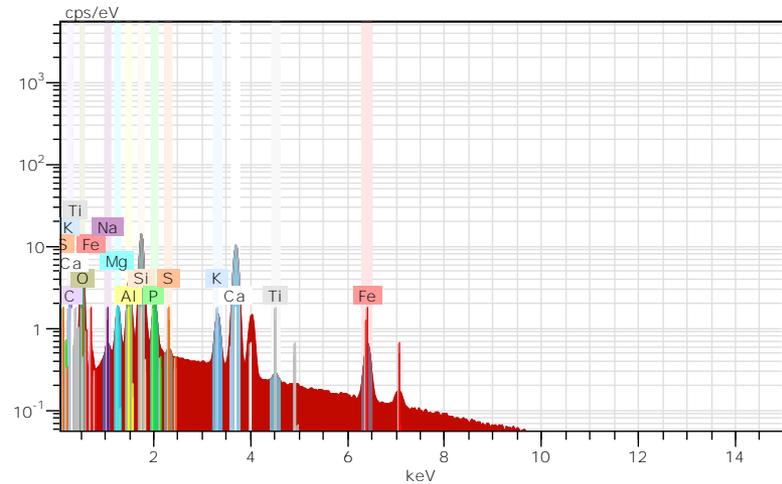
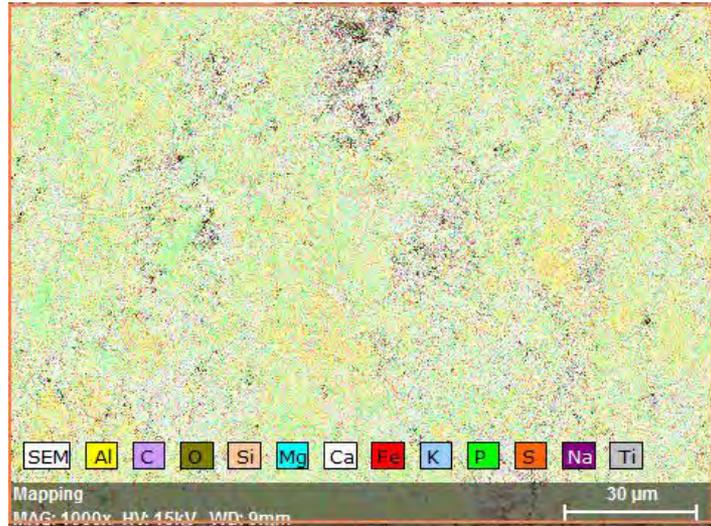
TM3030Plus6907 2020/02/14 12:43 NL UD9.0 x300 300 µm

SEM-EDS. Electrones secundarios (verde)

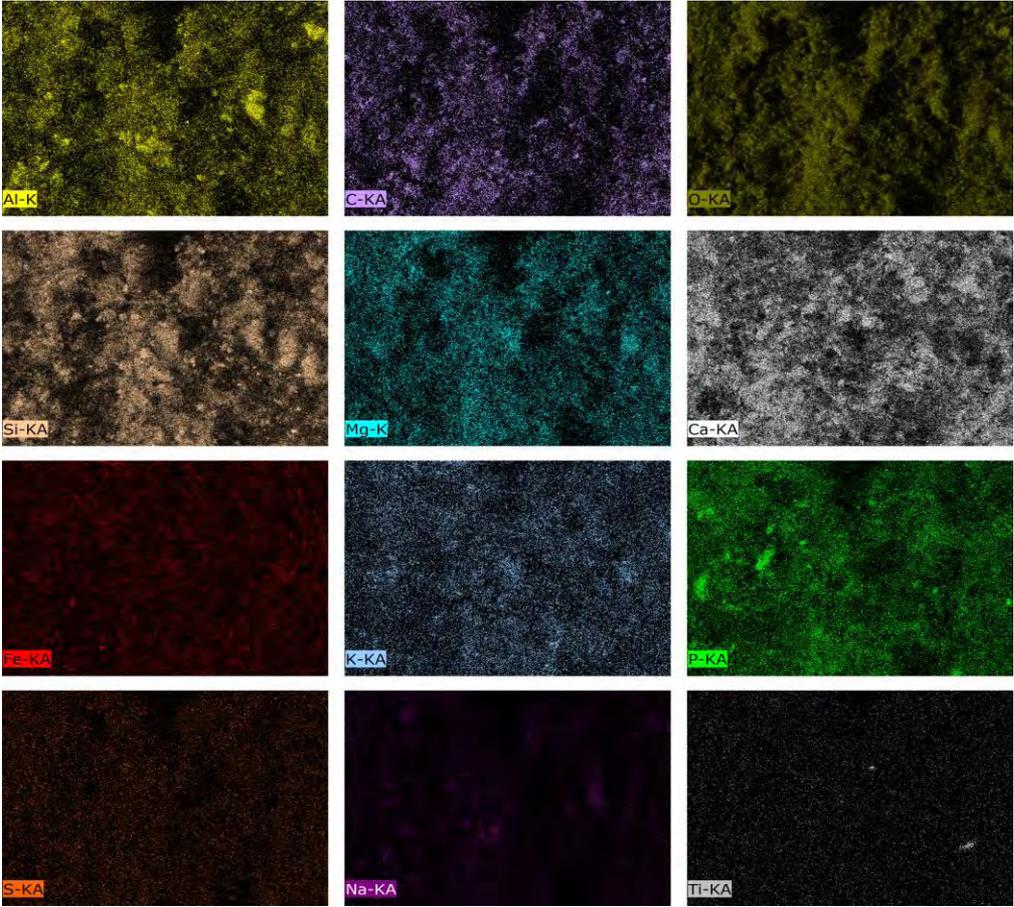


TM3030Plus6907 2020/02/14 12:43 NL UD9.0 x300 300 µm

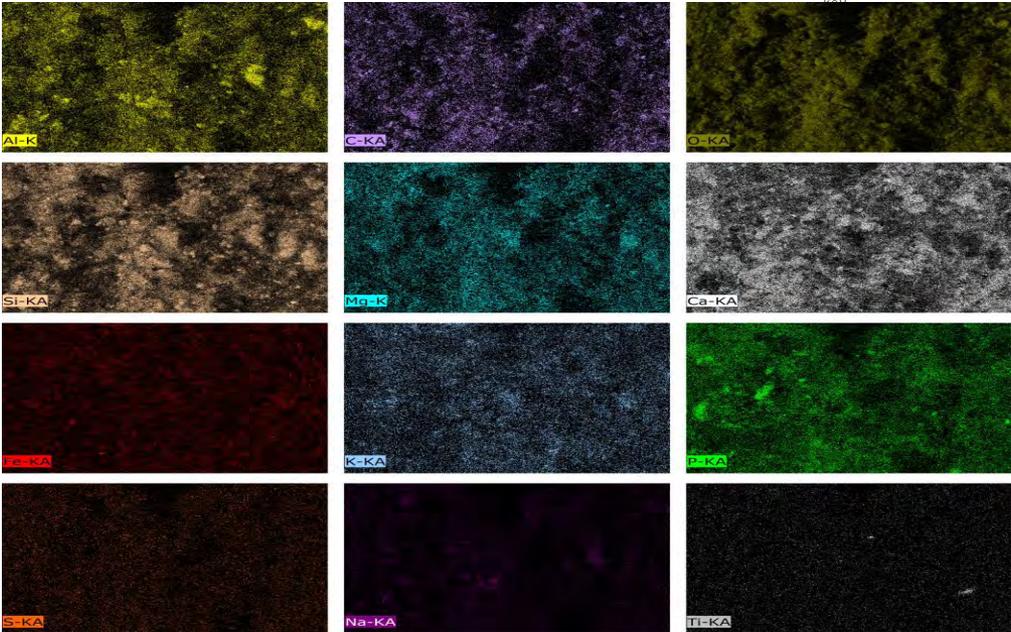
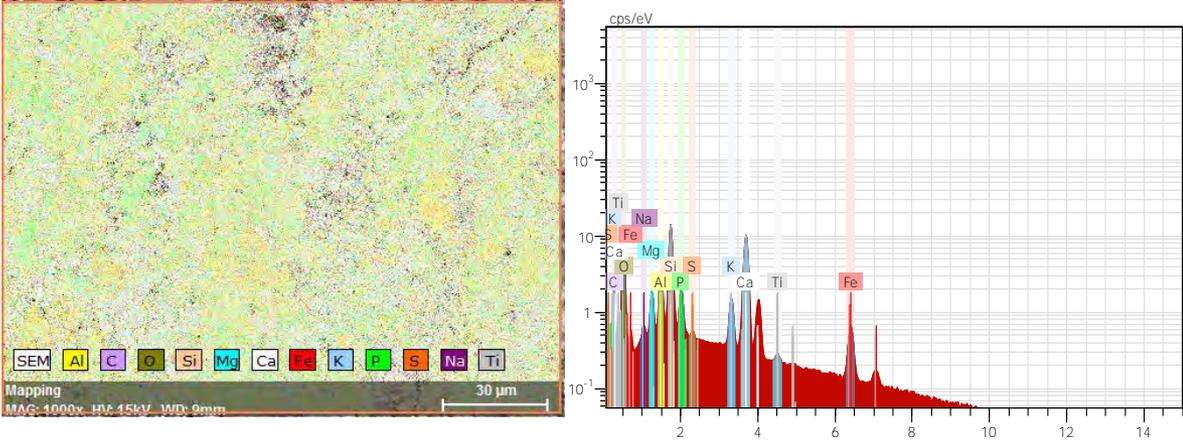
SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



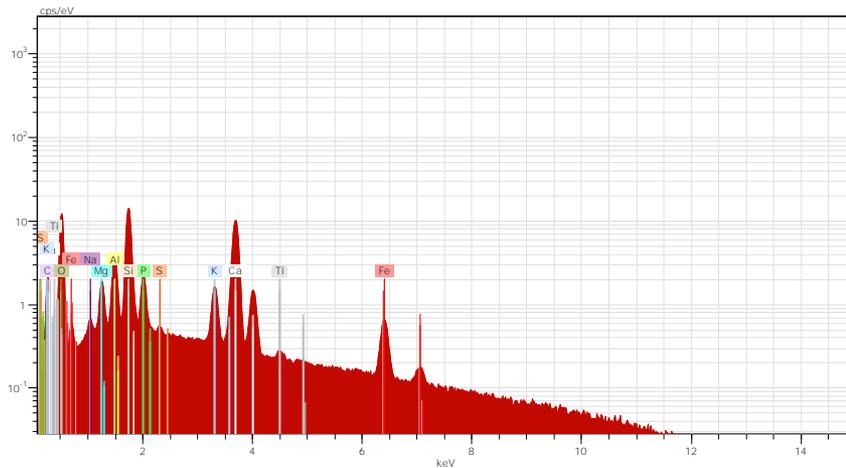
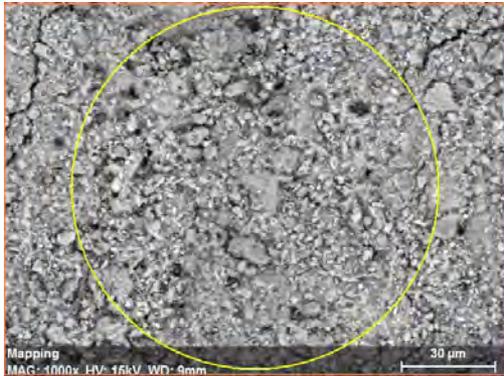
SEM-EDS. Mapeo elemental (rojo)



SEM-EDS. Mapeo elemental (verde)



SEM-EDS. Análisis puntual (verde)



Elemento	wt % normalizado
Oxígeno	47,41
Calcio	17,82
Silicio	11,81
Carbono	11,22
Hierro	3,336
Aluminio	3,06
Potasio	1,85
Fósforo	1,74
Magnesio	1,38
Sodio	0,40
Titanio	0,15
Azufre	0,11

Anexos: Tlajinga

Tabla resultados

Color	XRF	Materia primas	Espectrocolorimetría (nm)	FORS (nm)	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Rojo/rosa	Fe, Ca, Si, Al	Tierra roja (FeO ₂ + caolinita-montmorillonita)		580 ^a , 875 ^b	465, 530, 566, 867, 906, 1004, 1032, 1104	
		Hematita		580 ^a , 875 ^b		220, 290, 410, 498, 610, 1316
		Calcita			700, 867, 1515, 1535	285, 711, 1085
		Cuarzo				206, 465
		Carbón				1360, 1585
		Anatasa				143, 294, 516, 639
		Comp. metilenos (CH ₂)			(1723-1755), (2300- 2312); 2346	
Anaranjado	Fe, Ti, Si, Al	Tierra roja (FeO ₂ + montmorillonita)		580 ^a , 875 ^b	465, 530, 566, 873, 906, 1004, 1046, 1120	
		Hematita		580 ^a , 875 ^b		220, 290, 410, 498, 610, 1316
		Anatasa				143, 396, 516, 639
		Comp. metilenos (CH ₂)			(1723-1755), (2300-2312); 2346	

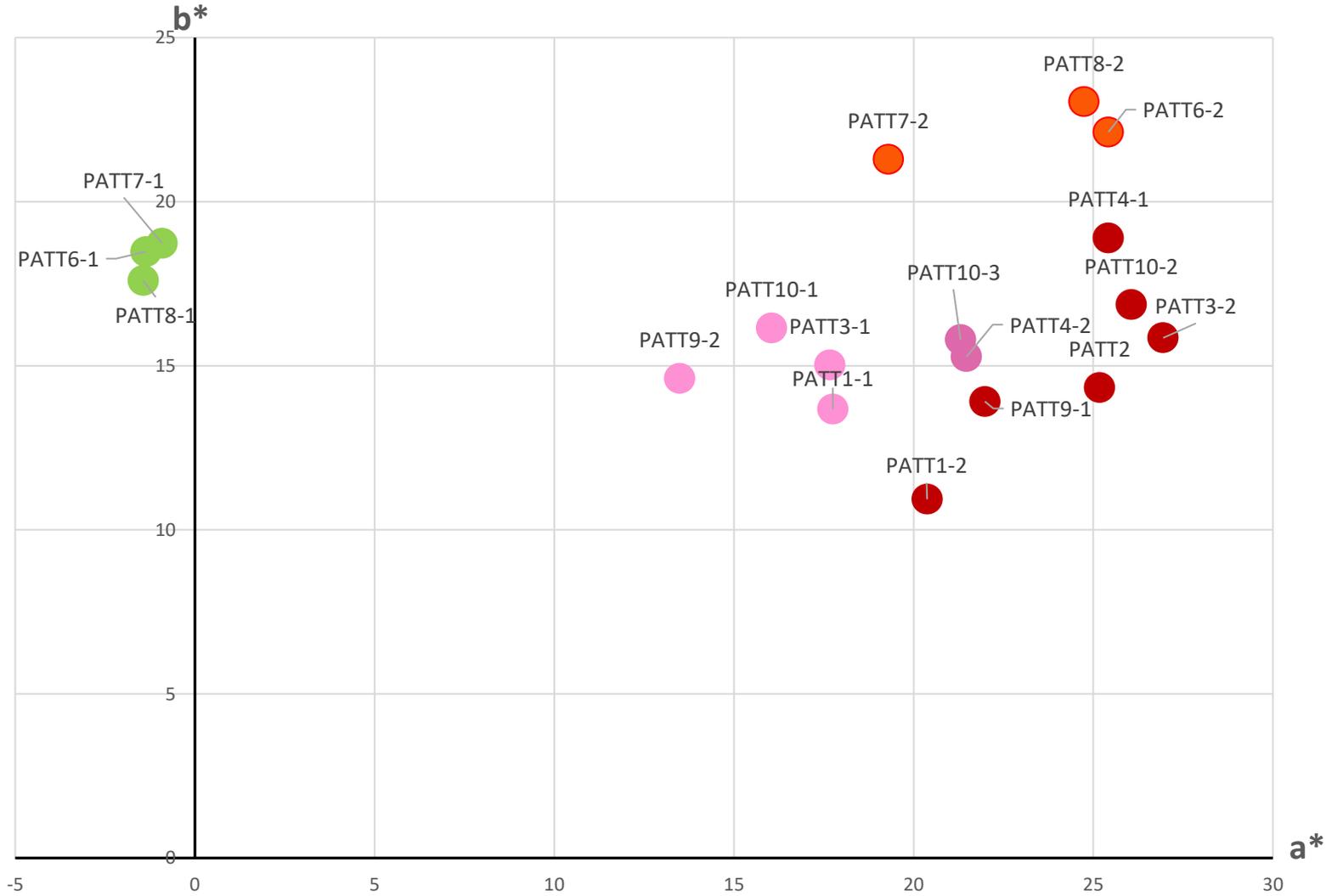
^a: punto de inflexión; ^b: máximo de absorción

Tabla resultados

Color	XRF	Materia primas	Espectrocolorimetría (nm)	FORS (nm)	IR (cm ⁻¹)	Raman (cm ⁻¹)
Verde	Fe, Ca, Si, Al	Pseudomalaquita				97, 125, 179, 254, 297, 369, 449, 480, 572, 607, 748, 805, 861, 974, 1080
		Calcita			700, 865, 1407	154, 283, 711, 1085
		Montmorillonita		1411, 1904, 2205-2212		
		Cuarzo				206, 465
		Goethita				248, 299, 390, 422
		Hematita				220, 290, 410, 498, 610, 1316
		Carbón				1360, 1585
		Anatasa				143, 294, 516, 639
		Comp. metilenos (CH ₂)			(1723-1755), (2300-2312); 2346	

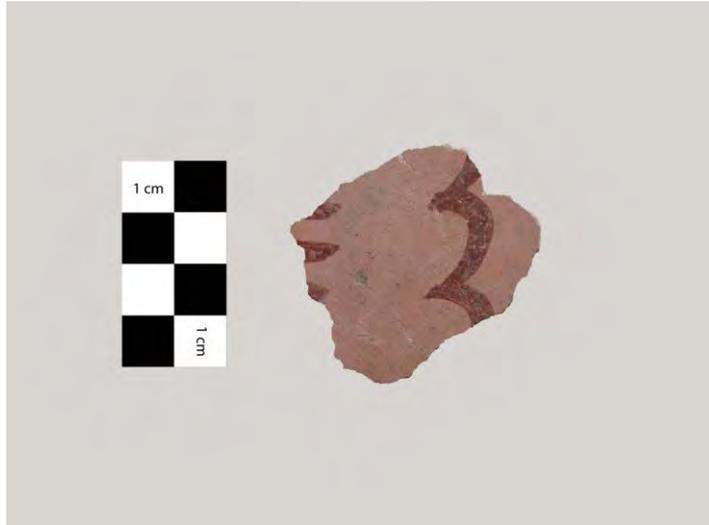
^a: punto de inflexión; ^b: máximo de absorción

Diagrama cromático a* b*

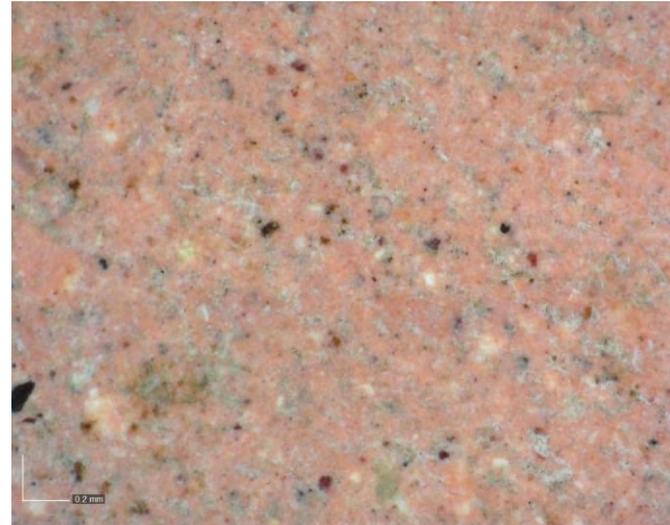


Muestra	L^*	a^*	b^*
PATT1-1	67.07	17.75	13.68
PATT1-2	51.44	20.38	10.94
PATT2	51.36	25.18	14.34
PATT3-1	69.01	17.67	15.03
PATT3-2	49.48	26.94	15.86
PATT4-1	58.95	25.42	18.90
PATT4-2	59.80	21.47	15.28
PATT6-1	80.09	-1.36	18.48
PATT6-2	56.82	25.42	22.13
PATT7-1	76.06	-0.91	18.74
PATT7-2	60.08	19.30	21.30
PATT8-1	78.96	-1.44	17.60
PATT8-2	55.56	24.74	23.05
PATT9-1	58.46	21.98	13.91
PATT9-2	70.11	13.50	14.61
PATT10-1	72.48	16.05	16.15
PATT10-2	54.36	26.06	16.86
PATT10-3	64.00	21.31	15.80

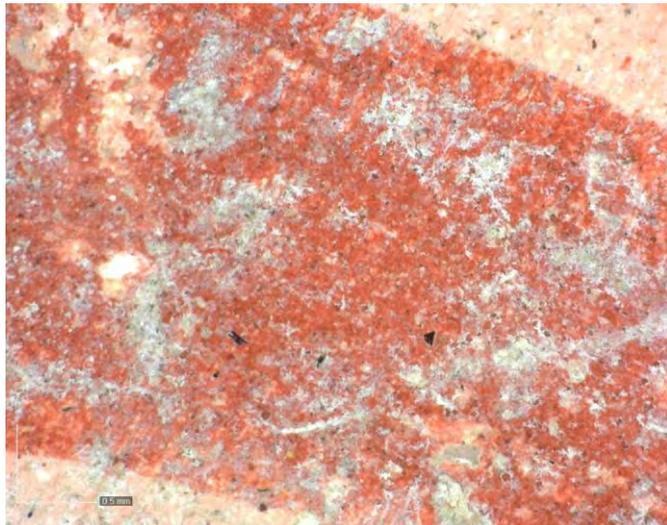
PATT01



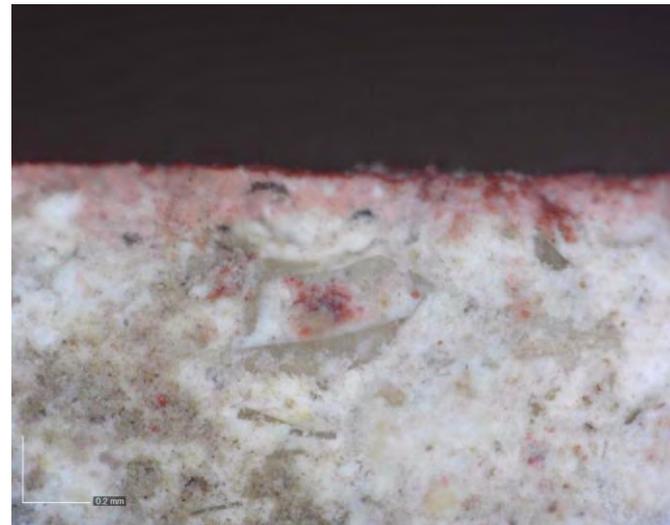
Microscopía óptica 150X



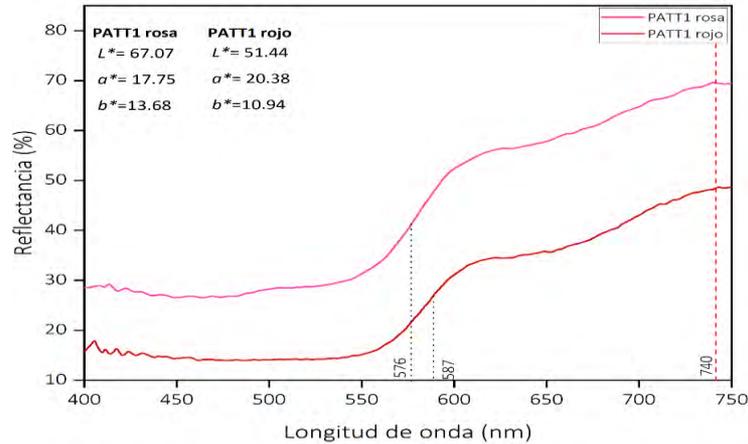
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 200X EDOF

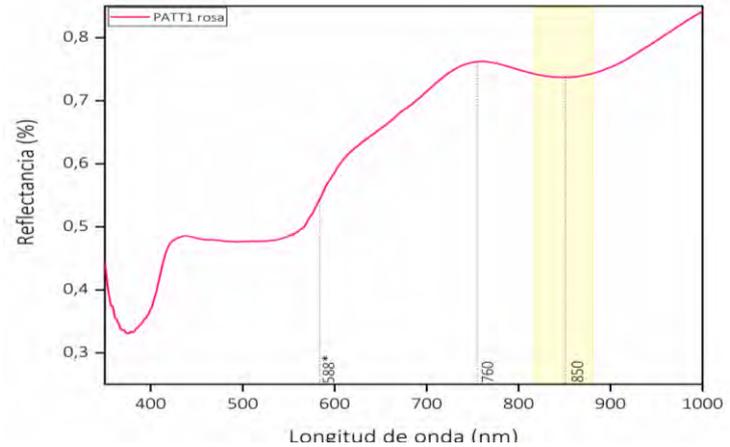


Espectrocolorimetría RUBY



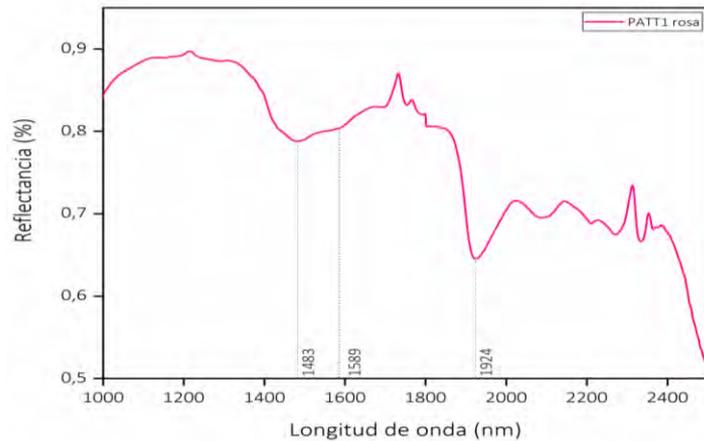
Pto. de inflexión : 576 nm(rosa), 587 nm (rojo); **Máx. de reflectancia:** 740 nm; **banda absorción:** ± 490

FORS rosa (350-1000 nm)



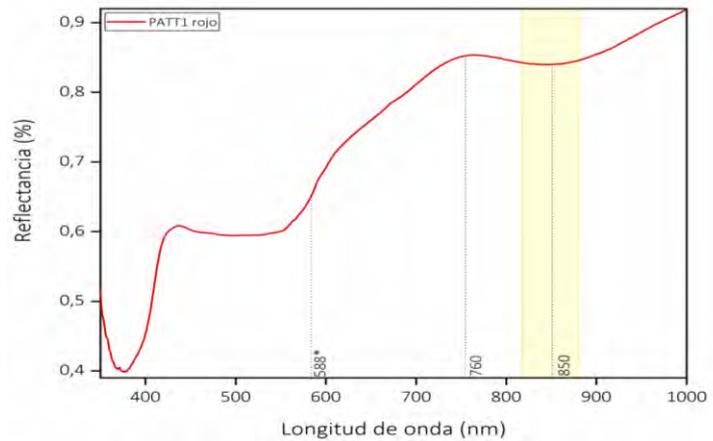
Pto. de inflexión: 588 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm; **banda absorción:** ± 850

FORS rosa (1000-2500 nm)



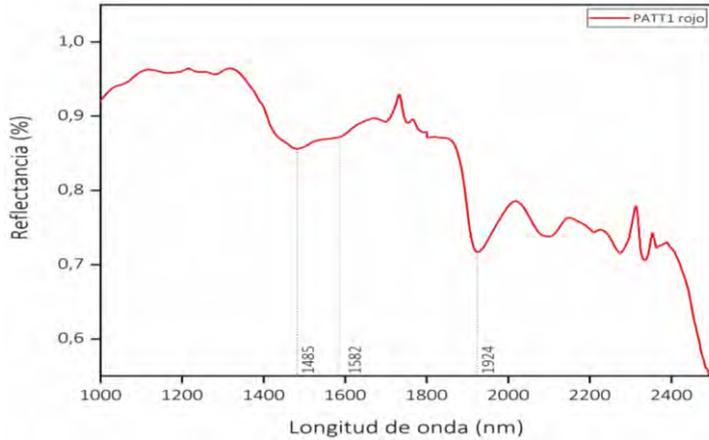
Pto. de inflexión : 587 nm; **Máx. de reflectancia:** 745 nm; **banda absorción:** ± 490

FORS rojo (350-1000 nm)



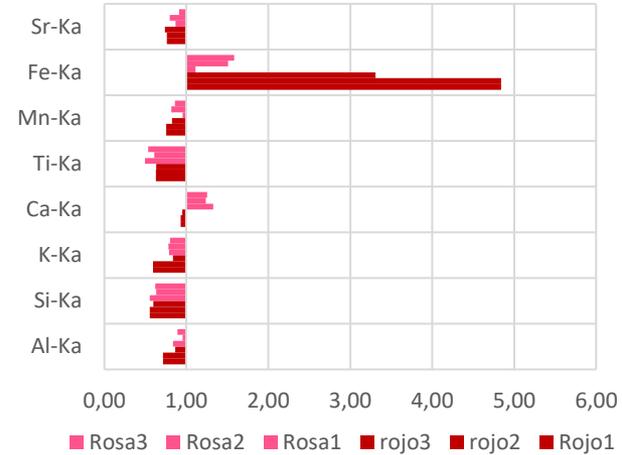
Pto. de inflexión: 588 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm; **banda absorción:** ± 850

FORS rojo (1000-2500 nm)



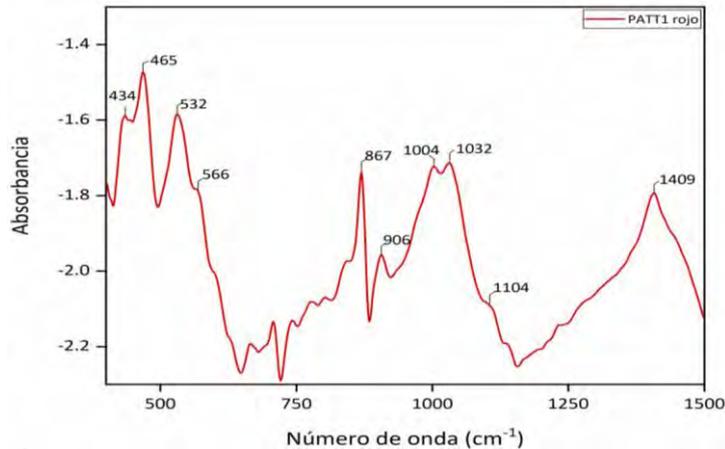
Pto. de inflexión : 587 nm; Máx. de reflectancia: 745 nm; banda absorción: ± 490

Fluorescencia de Rayos X



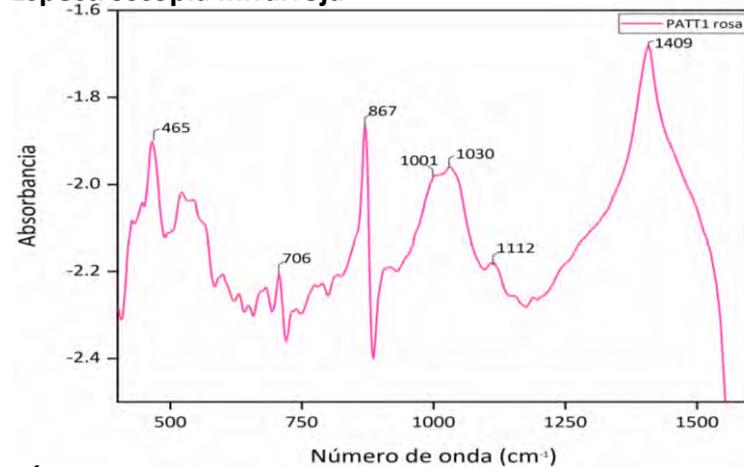
Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



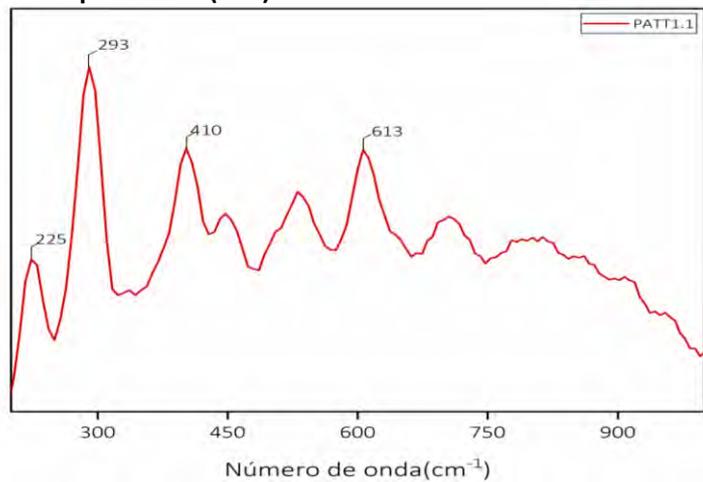
Óxidos de hierro: 465, 532; calcita: 867, 1409; caolinita: 434, 906, 1004, 1032, 1104 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



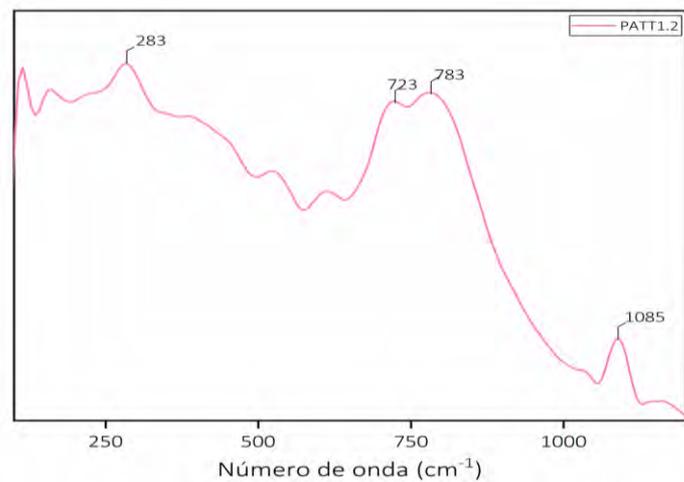
Óxidos de hierro: 465; calcita: 706, 867, 1409; caolinita: 906, 1001, 1030, 1112 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)



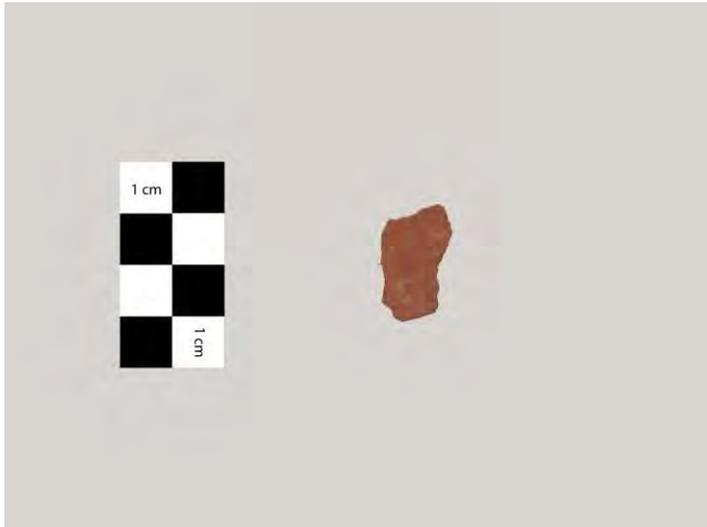
Hematita: 225, 293, 410, 613 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (20X)

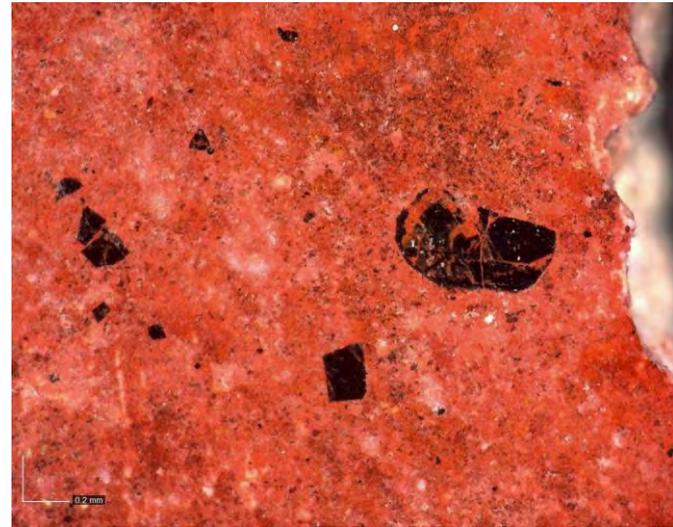


Calcita: 283, 1085 cm^{-1}

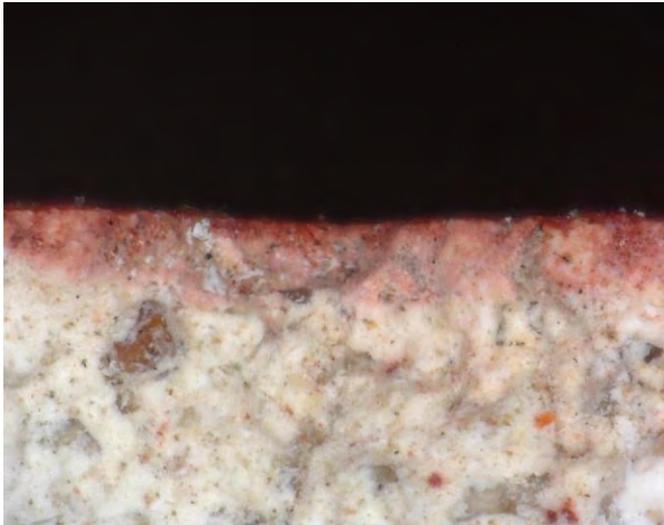
PATT02



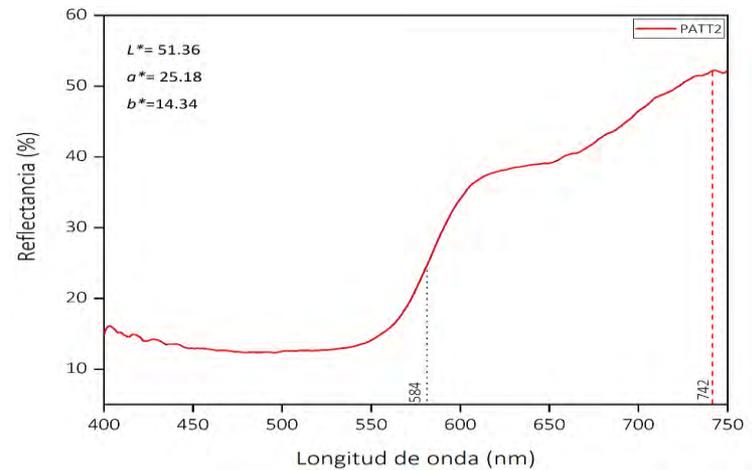
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 150X EDOF

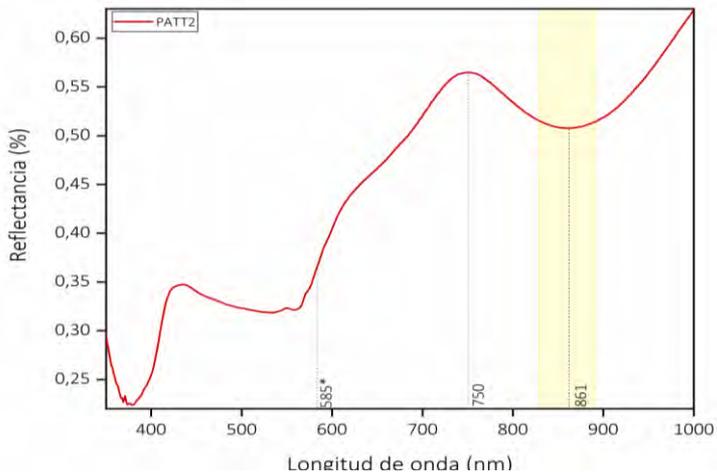


Espectrocolorimetría RUBY



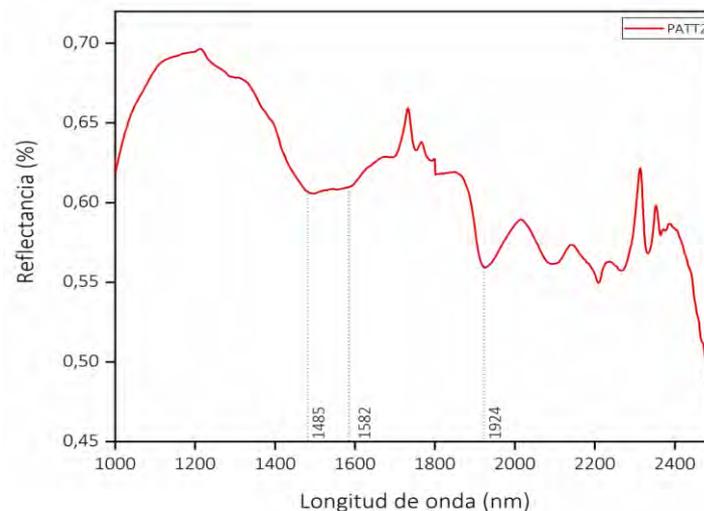
Pto. de inflexión : 576 nm(rosa), 587 nm(rojo); **Máx. de reflectancia:** 740 nm; **banda absorción:** ± 490

FORS (350-1000 nm)

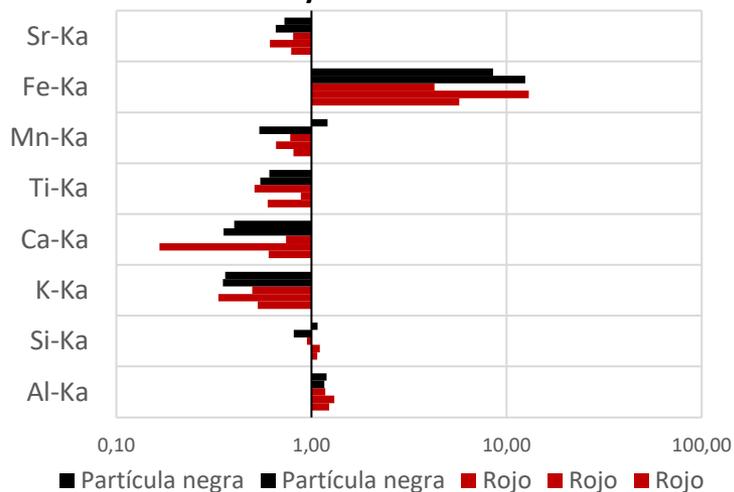


Pto. de inflexión: 588 nm ; Máx. de reflectancia: 760 nm; banda absorción: ± 850

FORS (1000-2500 nm)

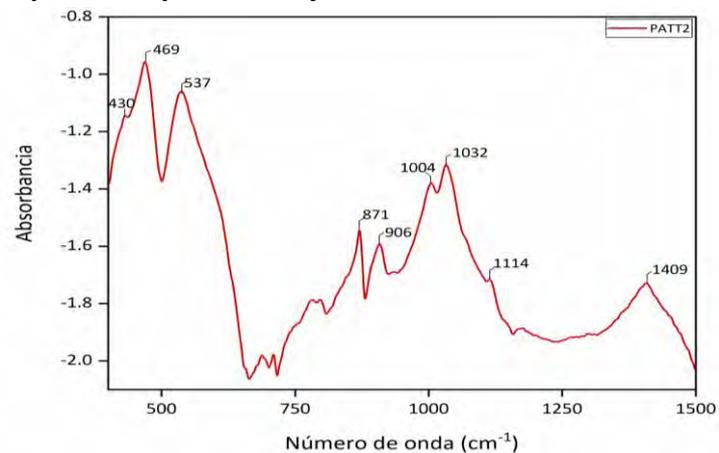


Fluorescencia de Rayos X



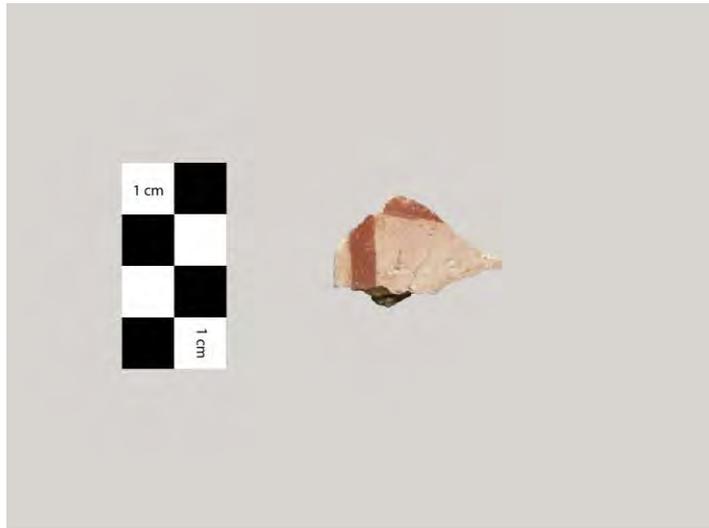
Els. químicos relevantes: Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja

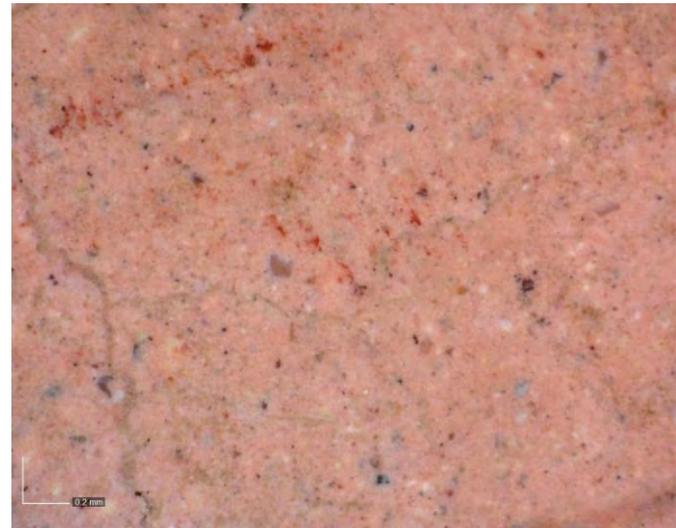


Óxidos de hierro: 469, 537; calcita: 871, 1409; caolinita: 430, 906, 1004, 1032, 1114 cm⁻¹

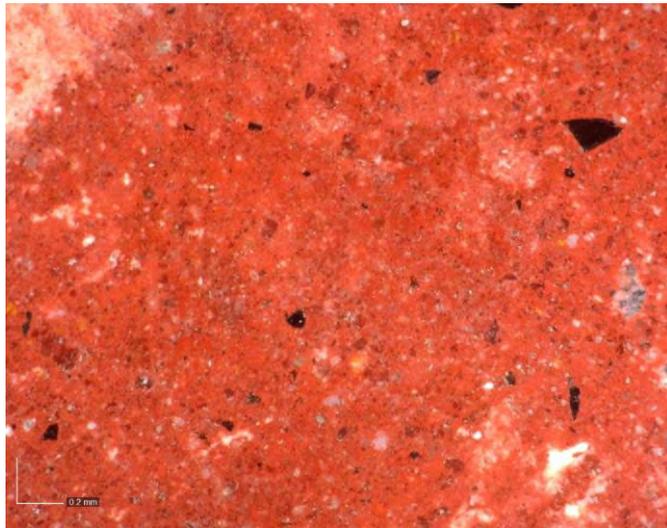
PATT03



Microscopía óptica 150X



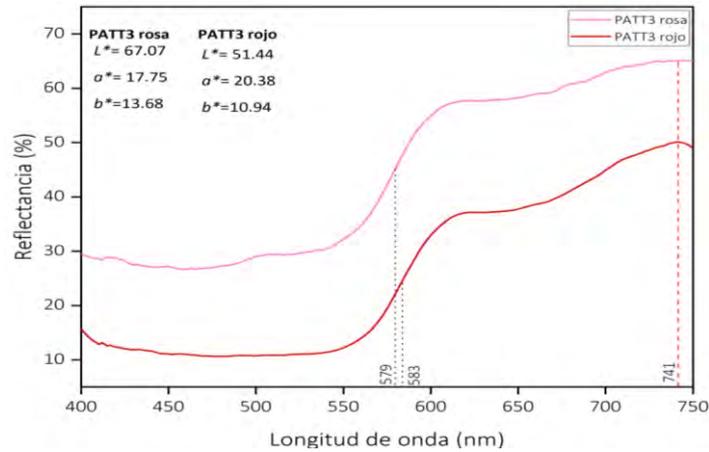
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 50X EDOF

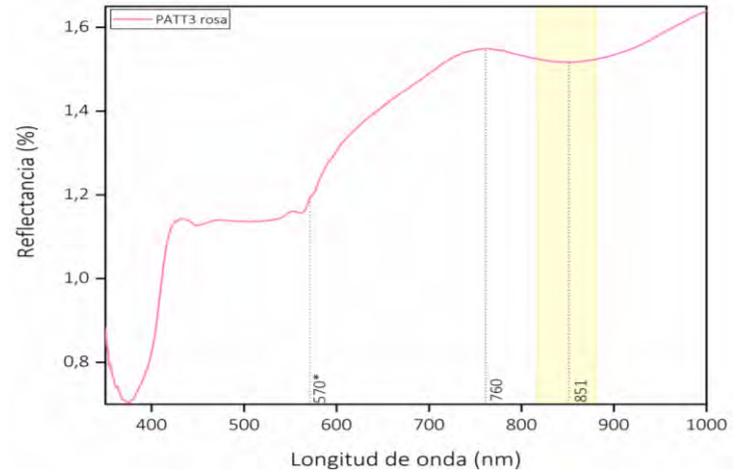


Espectrocolorimetría RUBY



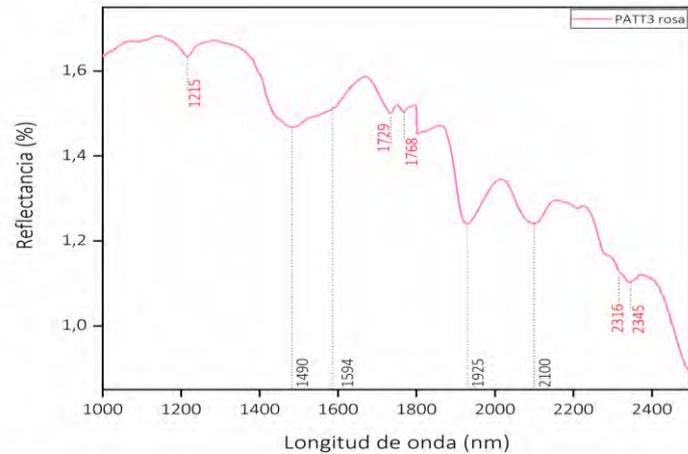
Pto. de inflexión : 579 nm(rosa), 583 nm (rojo); **Máx. de reflectancia:** 741 nm; **banda absorción:** \pm 490

FORS rosa (350-1000 nm)



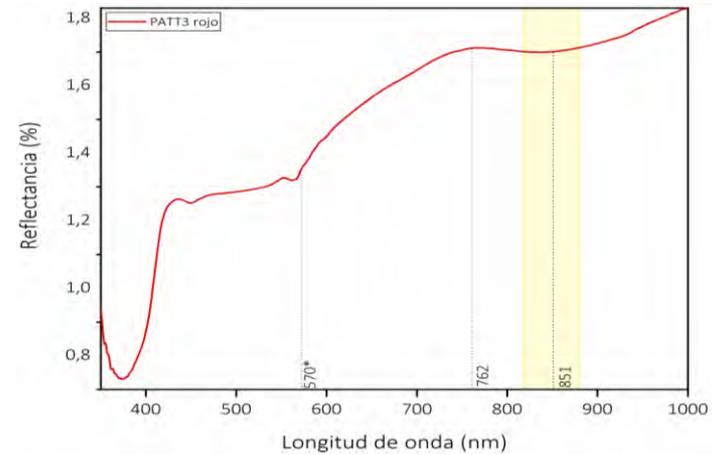
Pto. de inflexión: 570 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm; **banda absorción:** \pm 850

FORS rosa (1000-2500 nm)



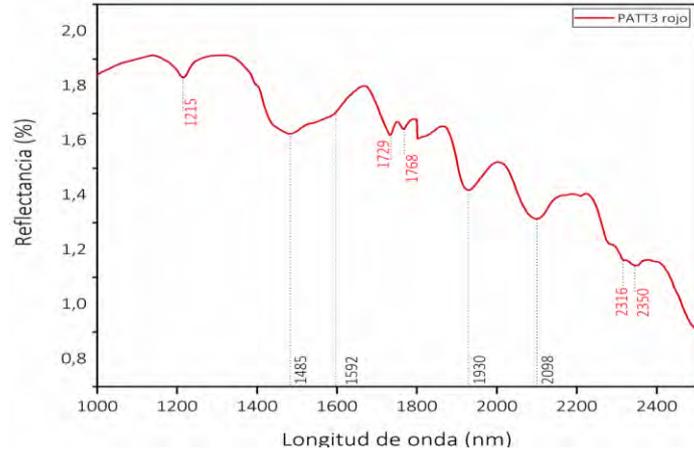
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1215, 1729, 1768, 2316, 2345 nm

FORS rojo (350-1000 nm)



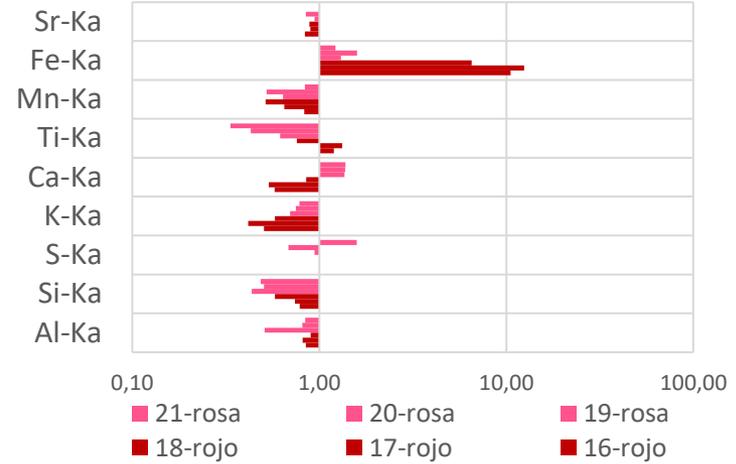
Pto. de inflexión: 570 nm ; **Máx. de reflectancia:** 762 nm; **banda absorción:** \pm 850

FORS rojo (1000-2500 nm)



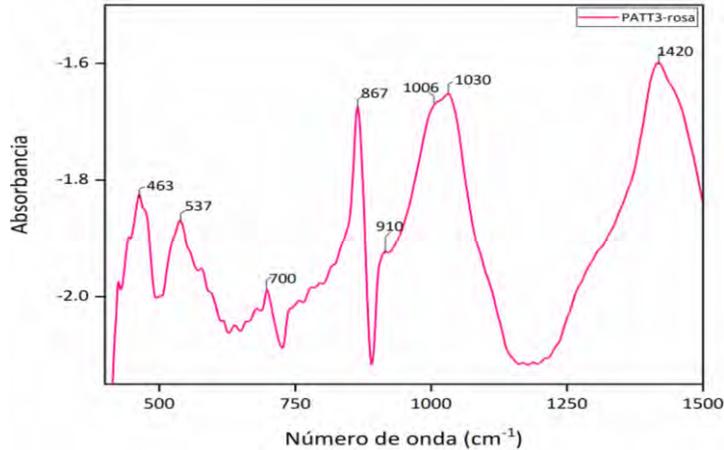
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1215, 1729, 1768, 2316, 2345 nm

Fluorescencia de Rayos X



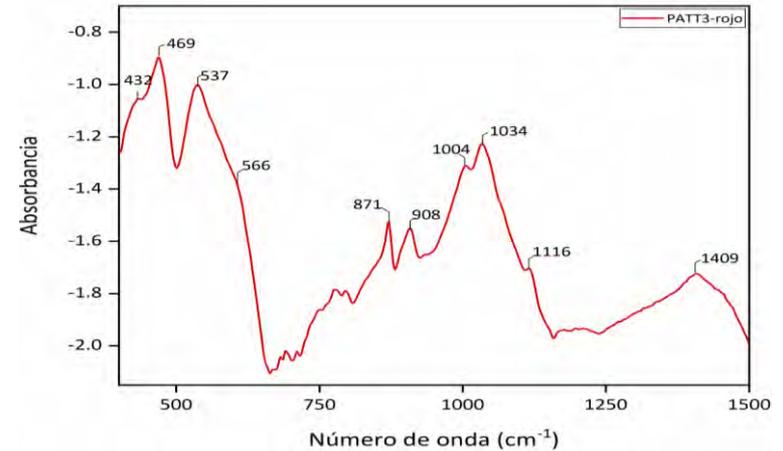
Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



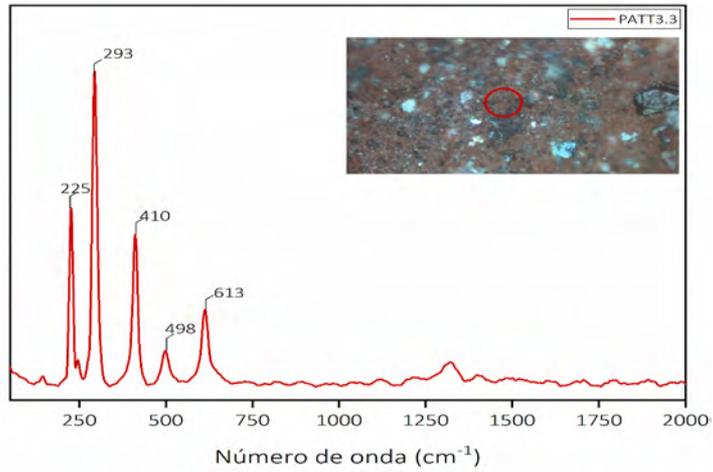
Óxidos de hierro: 463, 537; **calcita:** 700, 867, 1420; **caolinita:** 910, 1006, 1030 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 469, 537; **calcita:** 871, 1409; **caolinita:** 908, 1004, 1034, 1116 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X)

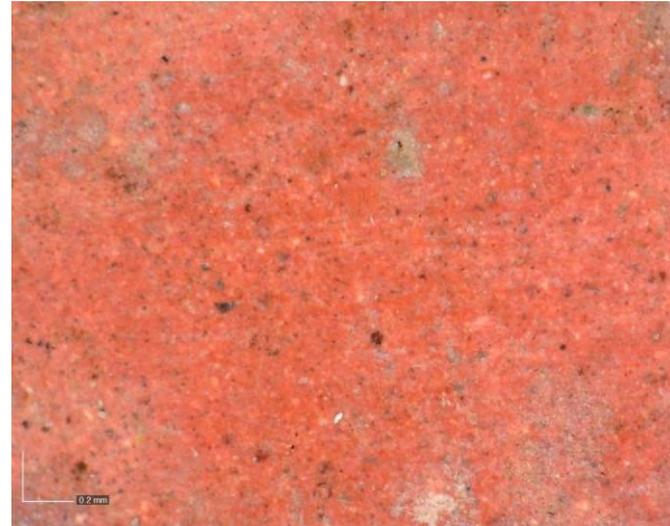


Hematita: 225, 293, 410, 498, 613 cm^{-1}

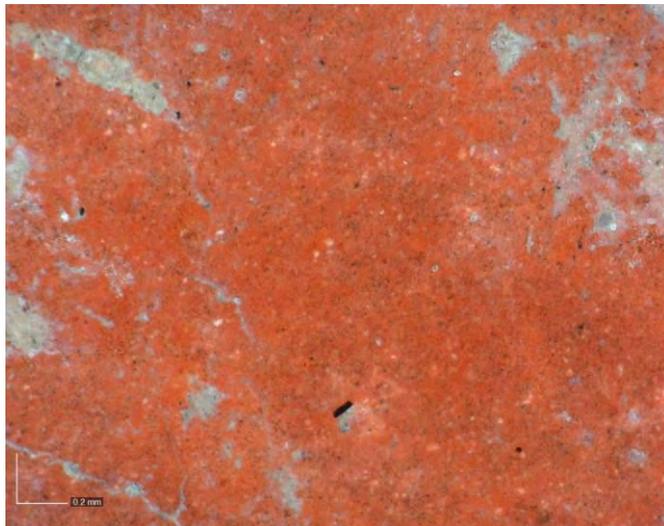
PATT04



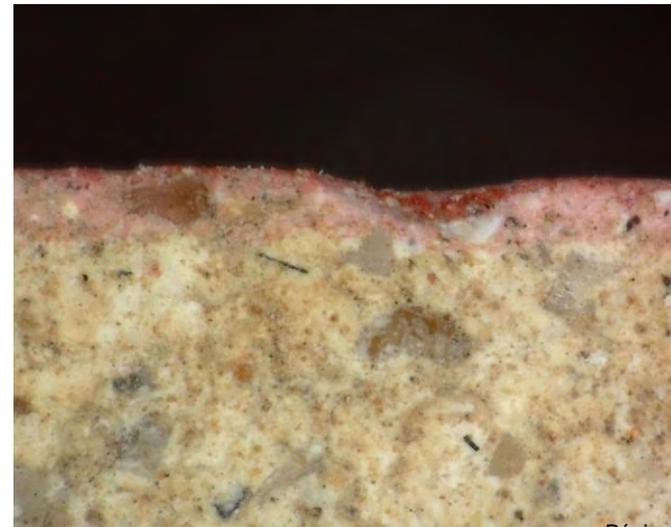
Microscopía óptica 150X (rosa medio)



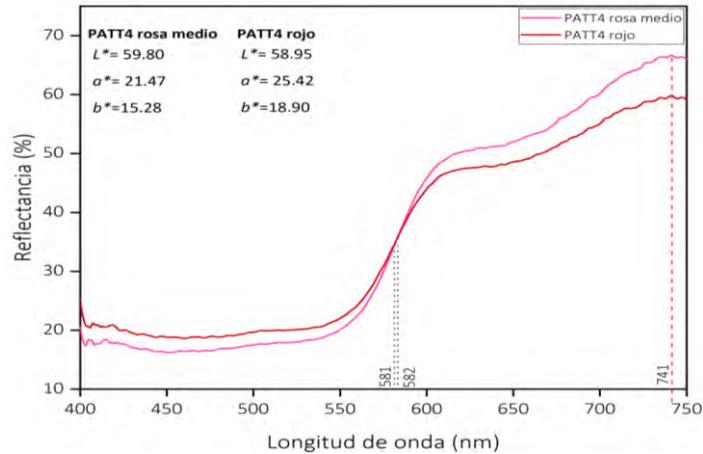
Microscopía óptica 150X (rojo)



Microscopía óptica 150X EDOF

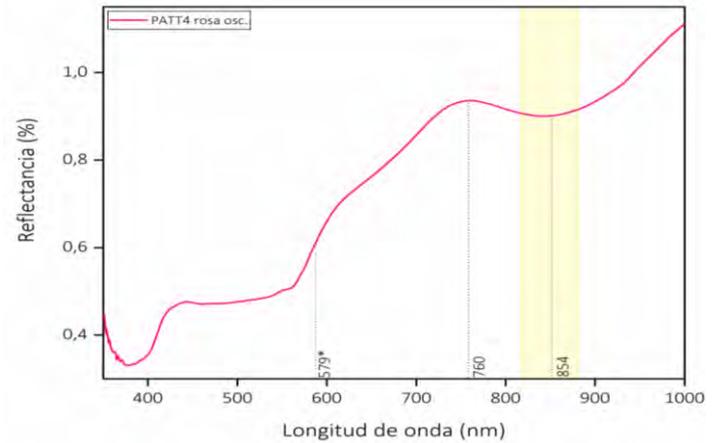


Espectrocolorimetría RUBY



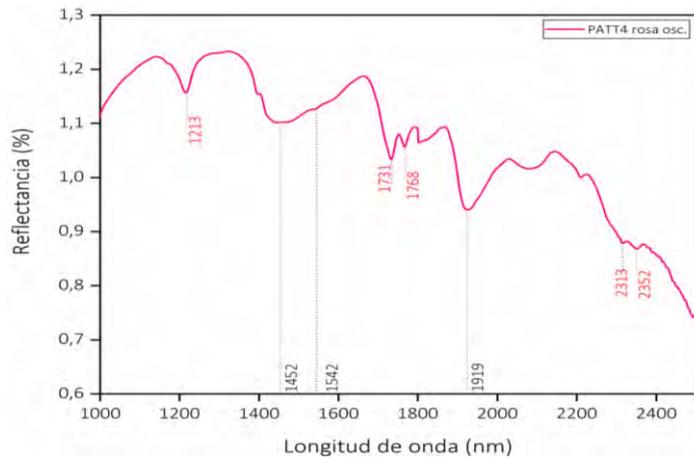
Pto. de inflexión : 581 nm(rosa), 582 nm (rojo); **Máx. de reflectancia:** 741 nm; **banda absorción:** \pm 490

FORS rosa (350-1000 nm)



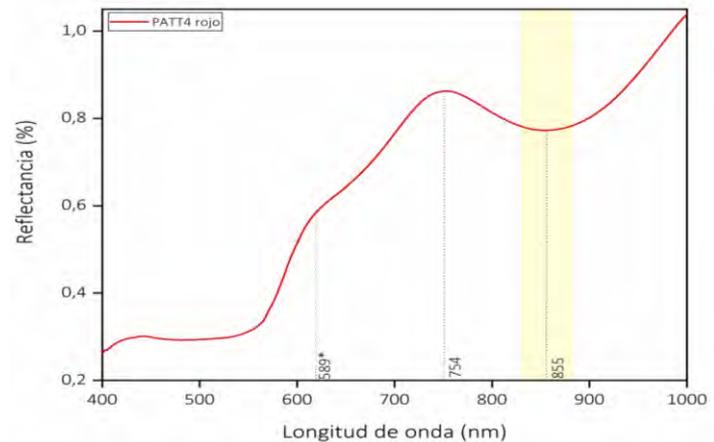
Pto. de inflexión: 579 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm; **banda absorción:** \pm 850

FORS rosa (1000-2500 nm)



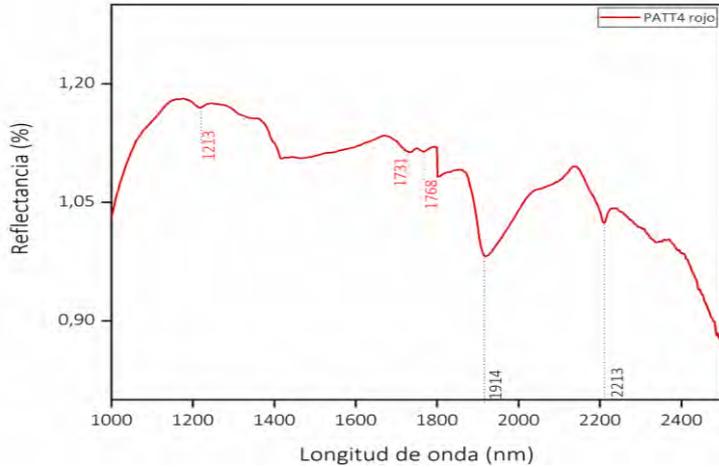
Bandas asociadas a metilenos (CH_2): 1213, 1731, 1768, 2313, 2352 nm

FORS rojo (350-1000 nm)



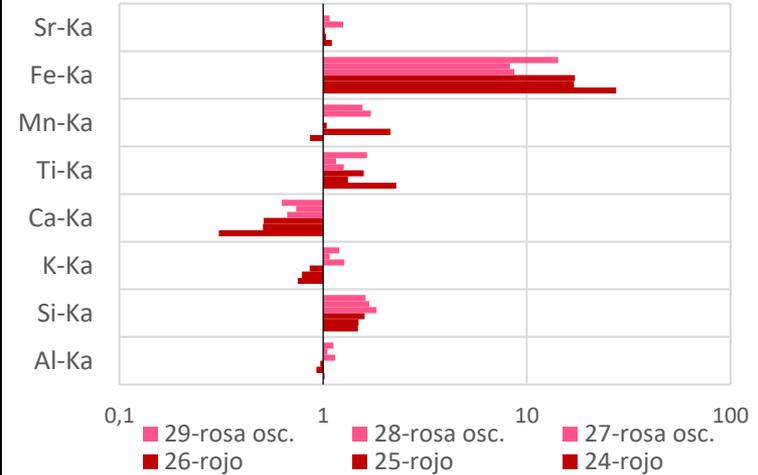
Pto. de inflexión: 589 nm ; **Máx. de reflectancia:** 754 nm; **banda absorción:** \pm 855

FORS rojo (1000-2500 nm)



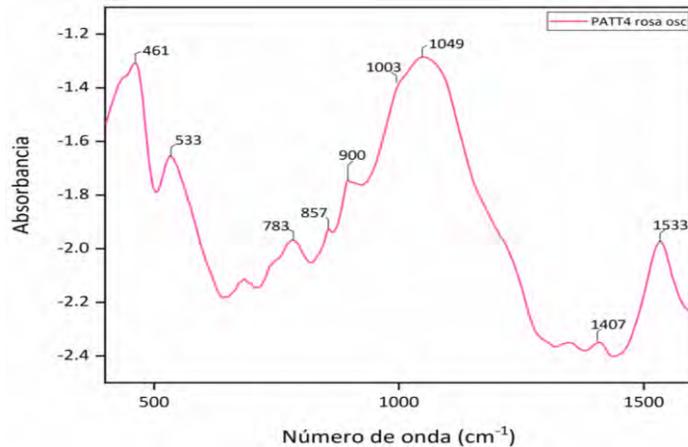
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1213, 1731, 1768 nm

Fluorescencia de Rayos X



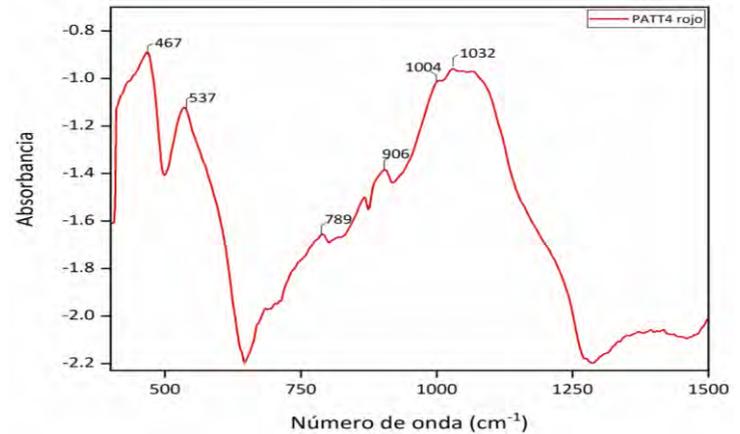
Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



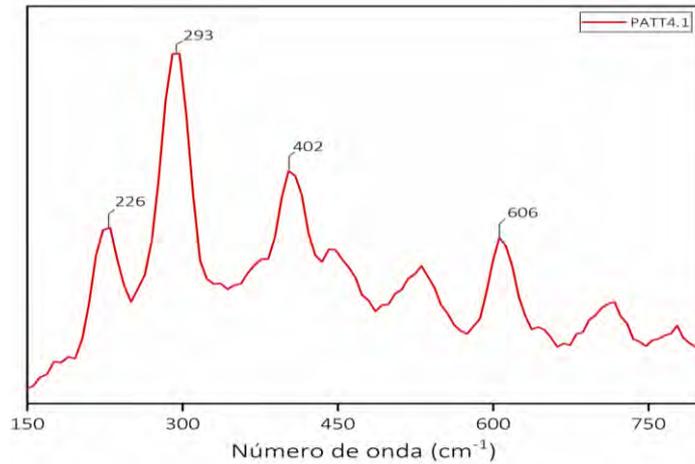
**Óxidos de hierro: 461, 533; calcita: 867, 1407, 1533;
aluminosilicato: 900, 1006, 1049 cm⁻¹**

Espectroscopía Infrarroja



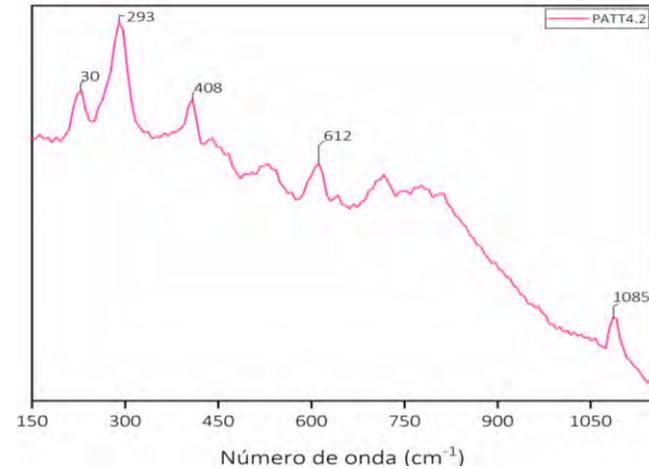
**Óxidos de hierro: 467, 537; aluminosilicato: 906, 1004, 1032
cm⁻¹**

Espectroscopía Raman (20X)



Hematita: 226, 293, 402, 606 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (20X)

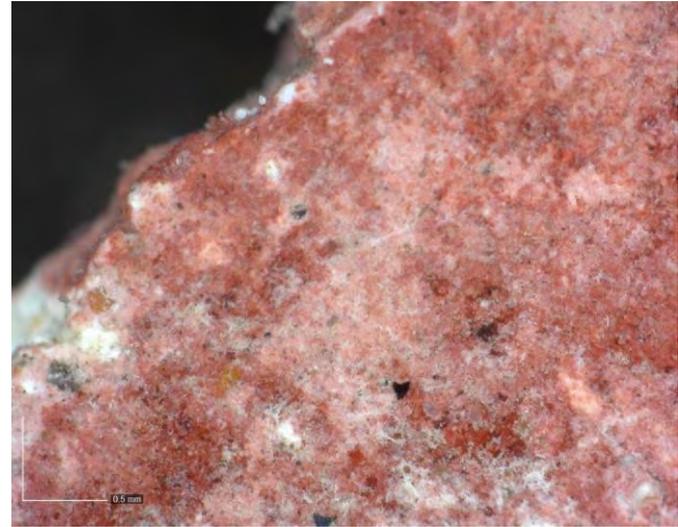


Hematita: 230, 293, 408, 498, 612; **calcita:** 1085 cm⁻¹

PATT05



Microscopía óptica 150X (rosa medio)



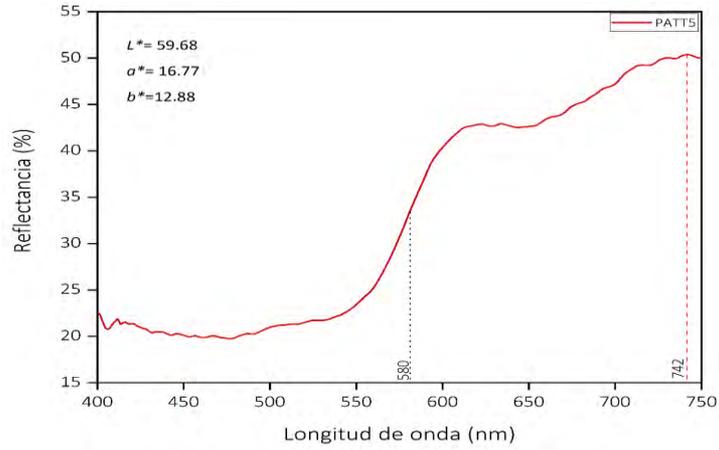
Microscopía óptica 200X (rojo)



Microscopía óptica 150X EDOF

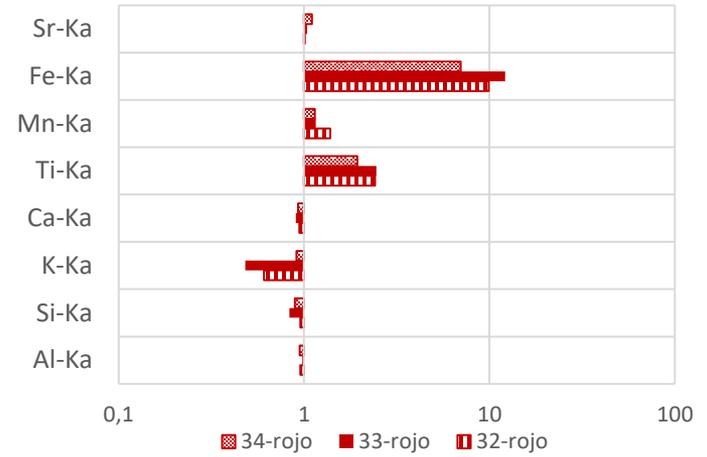


Espectrocolorimetría RUBY



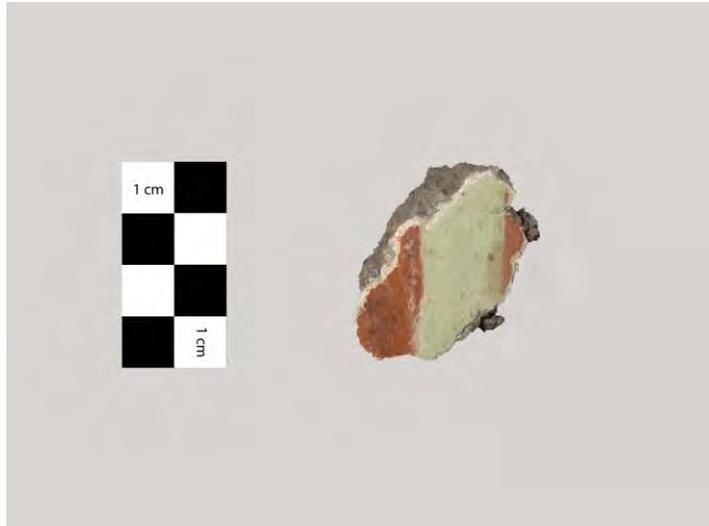
Pto. de inflexión : 580 nm; Máx. de reflectancia: 741 nm;
banda absorción: \pm 490

FORS rosa (350-1000 nm)

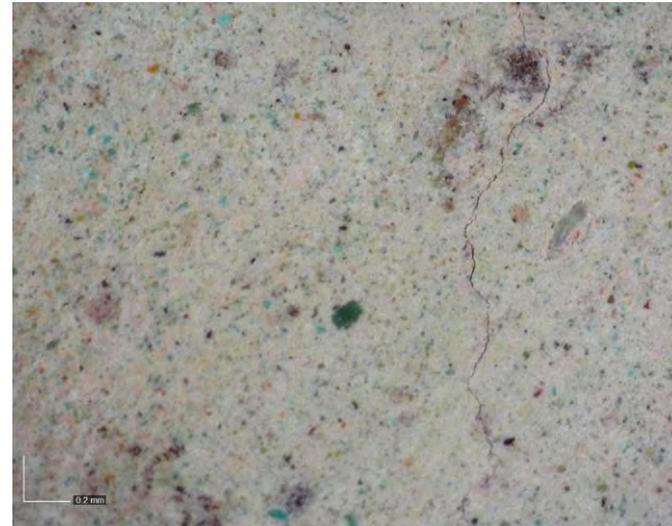


Els. químicos relevantes: Fe, Si, Al

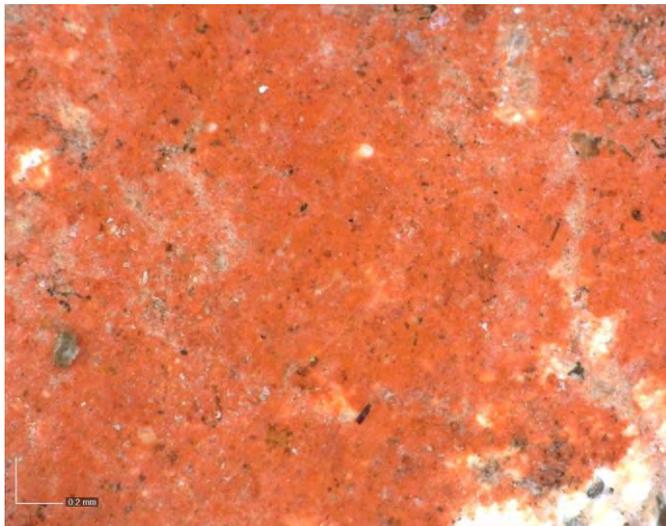
PATT06



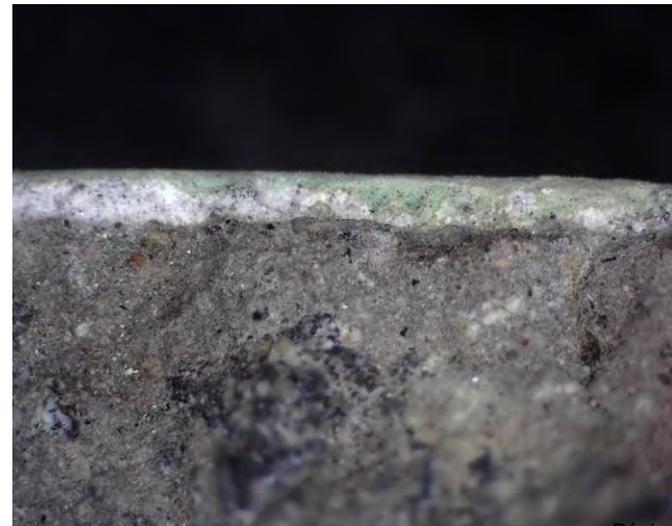
Microscopía óptica 150X



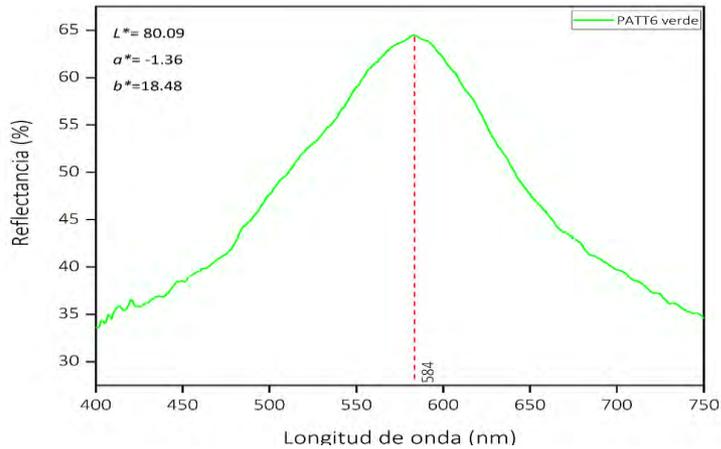
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 50X EDOF

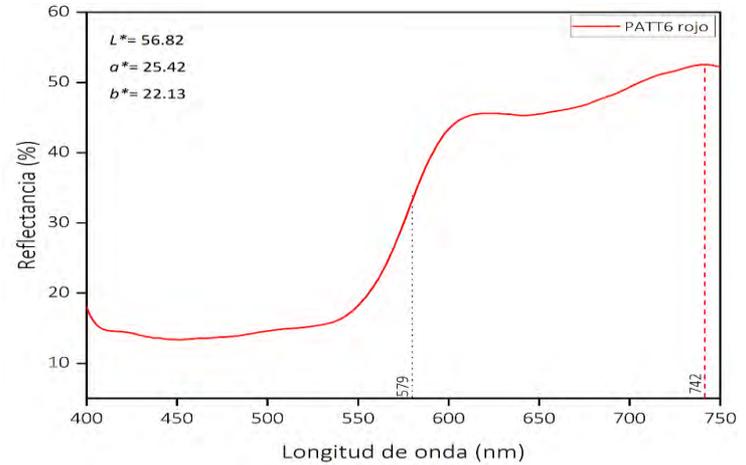


Espectrocolorimetría RUBY



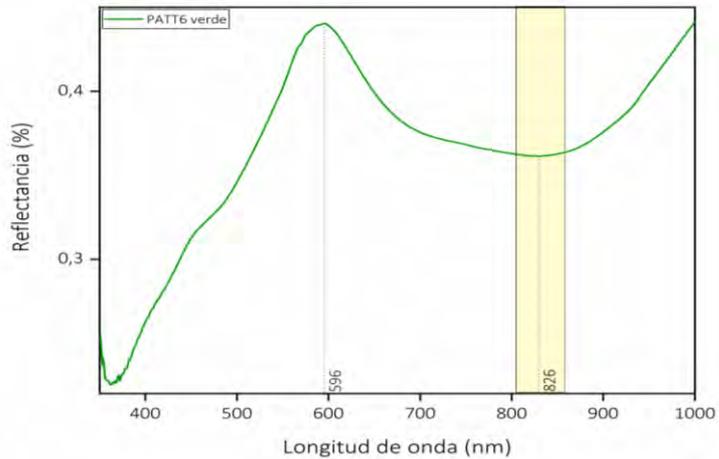
Máx. de reflectancia: 584 nm

Espectrocolorimetría RUBY



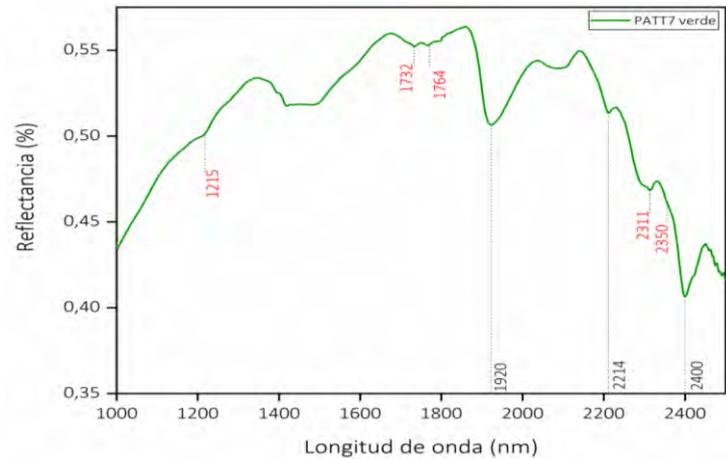
Pto. de inflexión: 579 nm ; Máx. de reflectancia: 760 nm ;
banda absorción: ± 850

FORS verde (350-1000 nm)



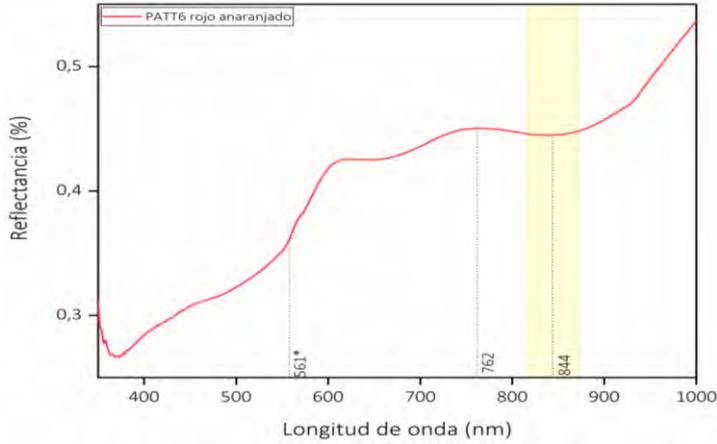
Máx. de reflectancia: 596; banda de absorción: 826 nm

FORS verde (1000-2500 nm)



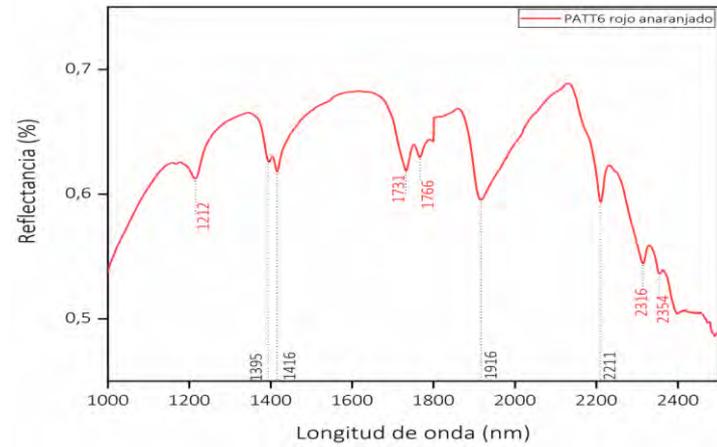
Bandas asociadas a metilenos (CH_2): 1215, 1732, 1764, 2311, 2350 nm

FORS rojo (350-1000 nm)



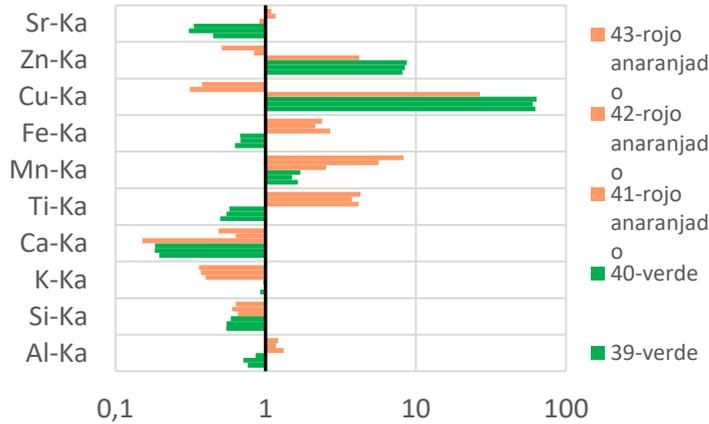
Pto. de inflexión: 561 nm ; **Máx. de reflectancia:** 762nm;
banda absorción: ± 844

FORS rojo (1000-2500 nm)



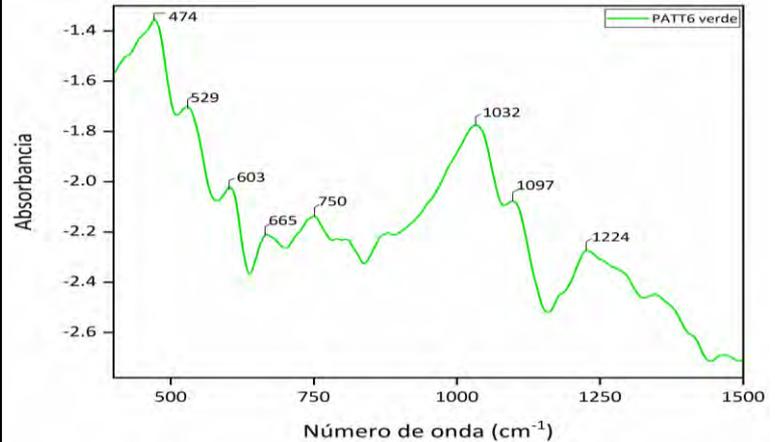
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1212, 1731, 1766, 2316, 2354 nm

Fluorescencia de Rayos X



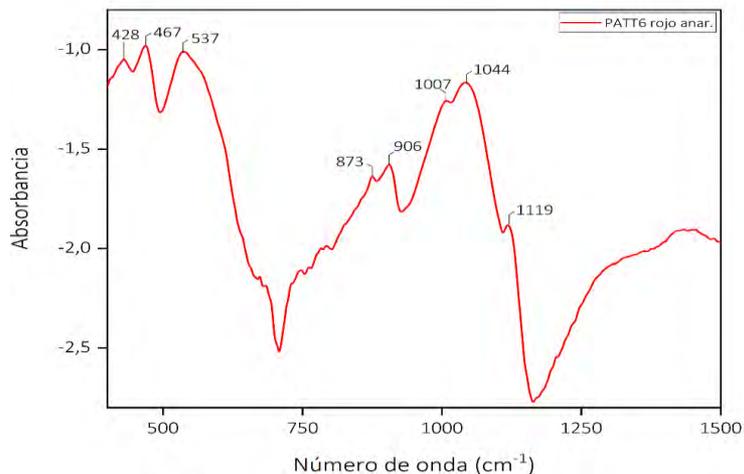
Els. químicos relevantes verde: Cu, Zn

Espectroscopía Infrarroja



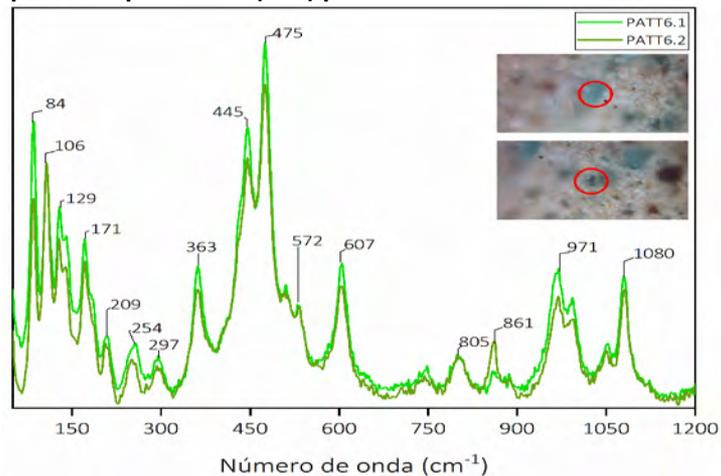
Óxidos de hierro: 474; **pseudomalaquita:** 529, 750, 1030, 1097 cm⁻¹

Espectroscopía Infrarroja



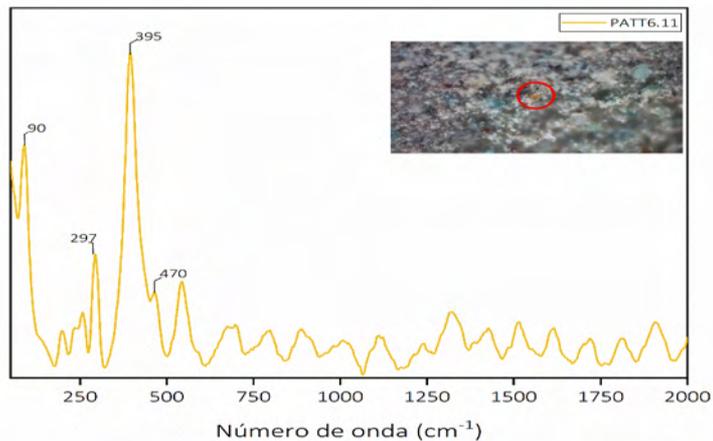
Óxidos de hierro: 467, 537; **montmorillonita:** 428, 906, 1007, 1044, 1119 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. verdes



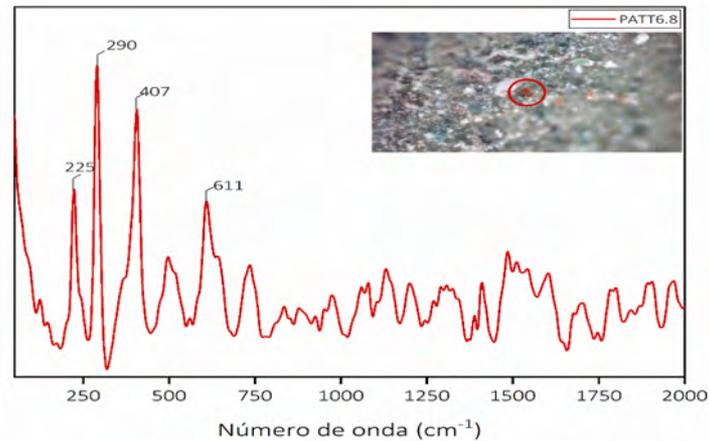
Pseudomalaquita: 84, 106, 129, 171, 209, 254, 297, 363, 445, 475, 572, 607, 805, 861, 971, 1080 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula amarilla en pigmento verde



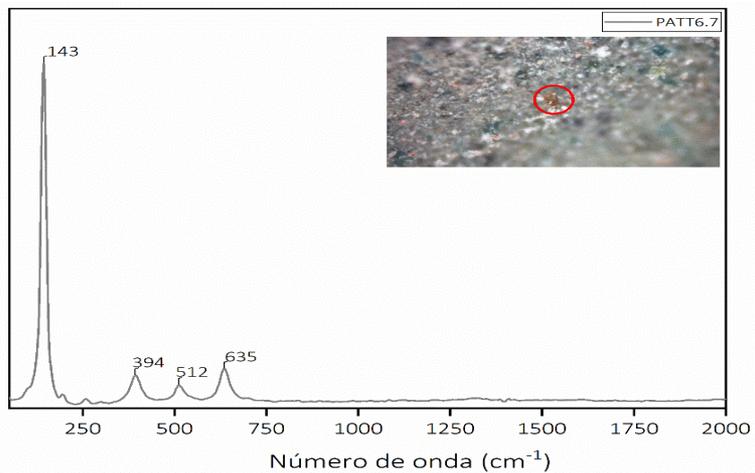
Goethita: 297, 395, 470 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula roja en pigmento verde



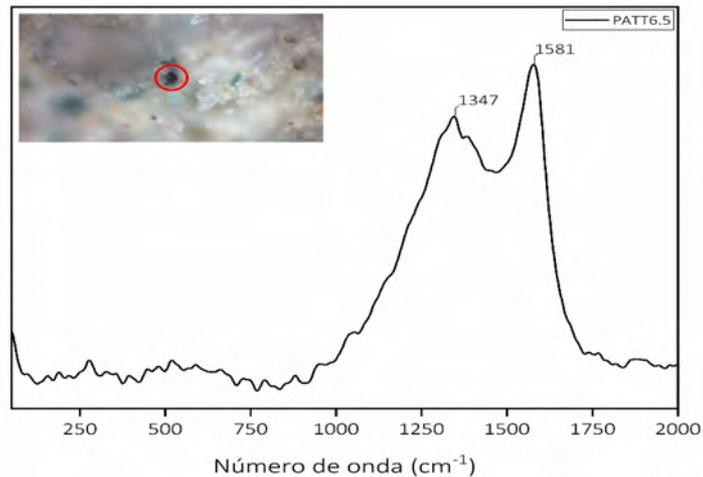
Hematita: 225, 290, 407, 611 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. marrón en pigmento verde



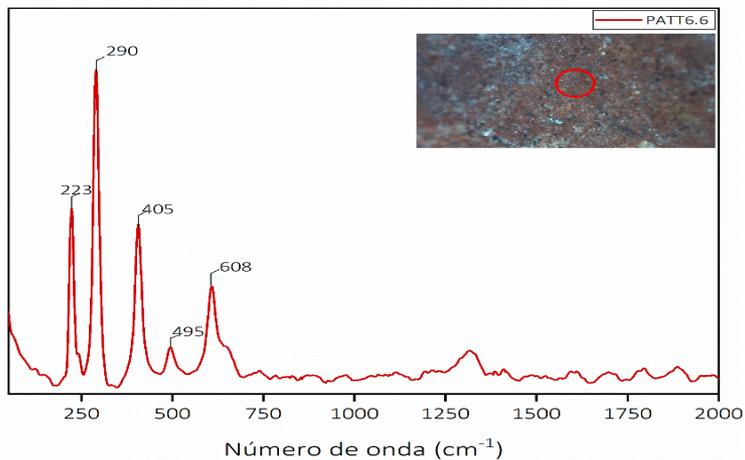
Anatasa: 143, 294, 512, 635 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X). Part. negra en pigmento verde



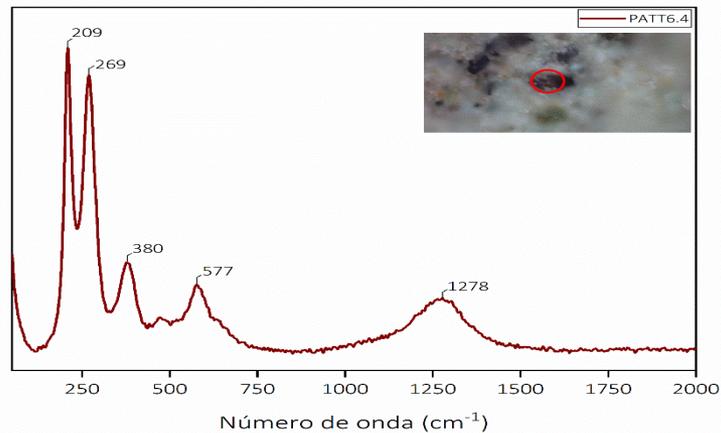
Carbón: 1347, 1581 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X). Pigmento rojo



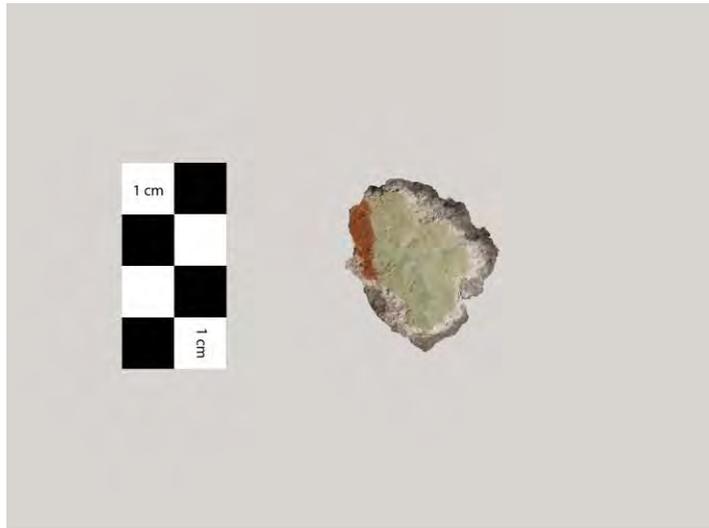
Hematita: 228, 290, 409, 495, 608 cm^{-1}

Espectroscopía Raman (50X). Part. negra en pigmento rojo



Material sin identificar

PATT07



Microscopía óptica 150X



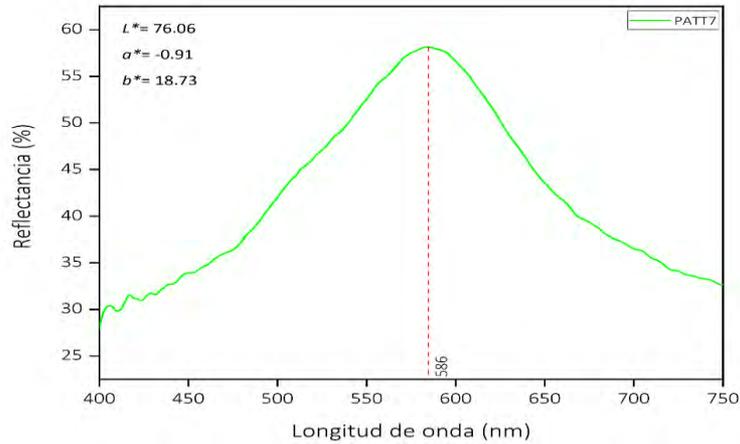
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 150X EDOF

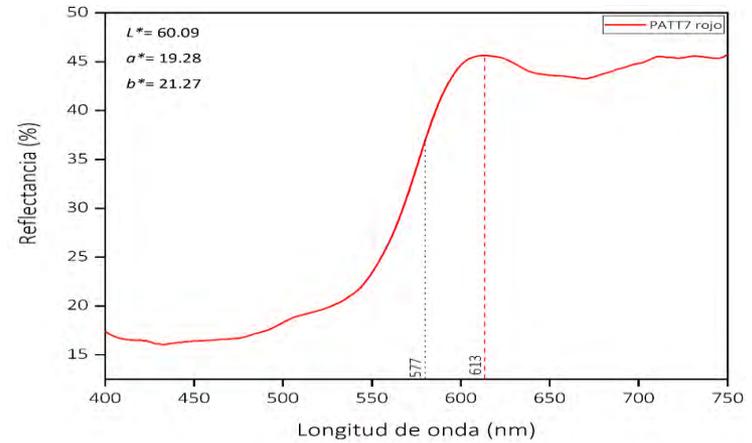


Espectrocolorimetría RUBY



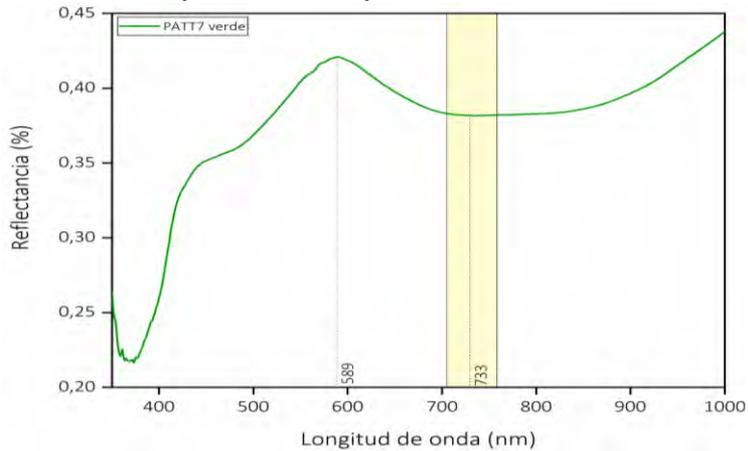
Máx. de reflectancia: 586 nm

Espectrocolorimetría RUBY



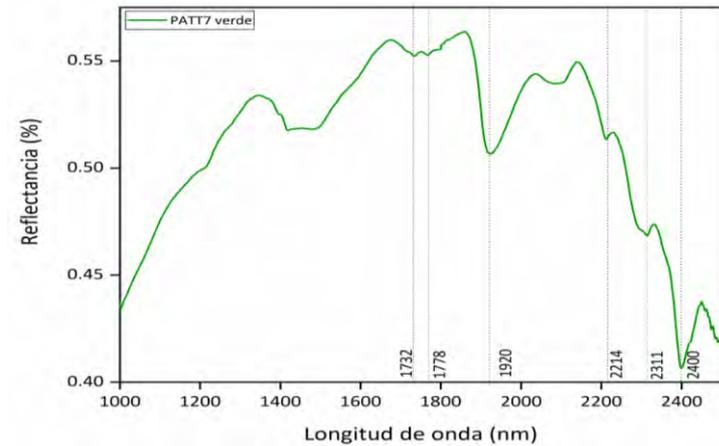
**Pto. de inflexión: 577 nm ; Máx. de reflectancia: 613 nm ;
banda absorción: ± 670**

FORS verde (350-1000 nm)



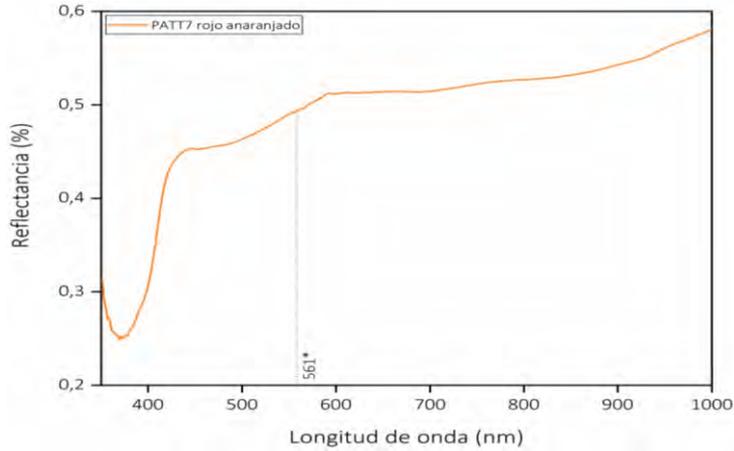
Máx. de reflectancia: 596; banda de absorción: 826 nm

FORS verde (1000-2500 nm)



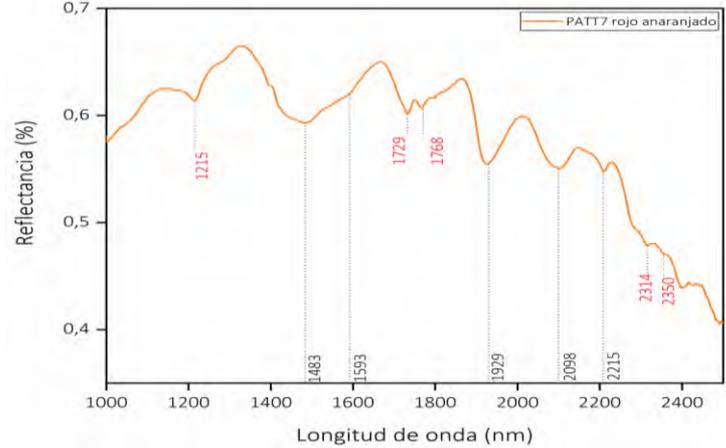
Bandas asociadas a metilenos (CH_2): 1732, 1778, 2314, 2400 nm

FORS rojo (350-1000 nm)



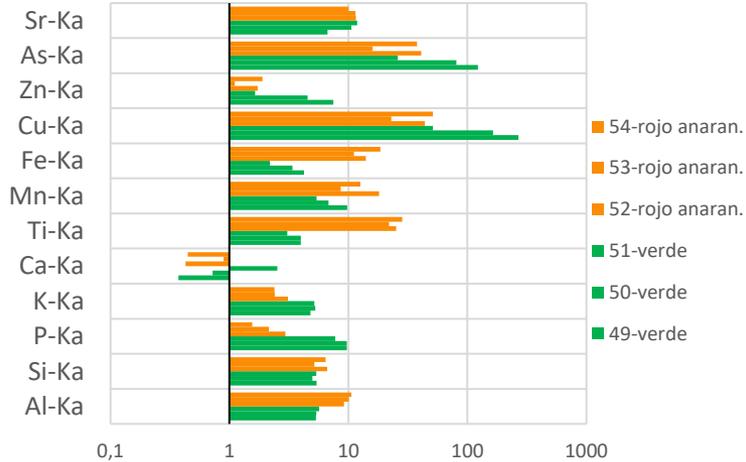
Pto. de inflexión: 561 nm ; **Máx. de reflectancia:** 762nm;
banda absorción: ± 844

FORS rojo (1000-2500 nm)



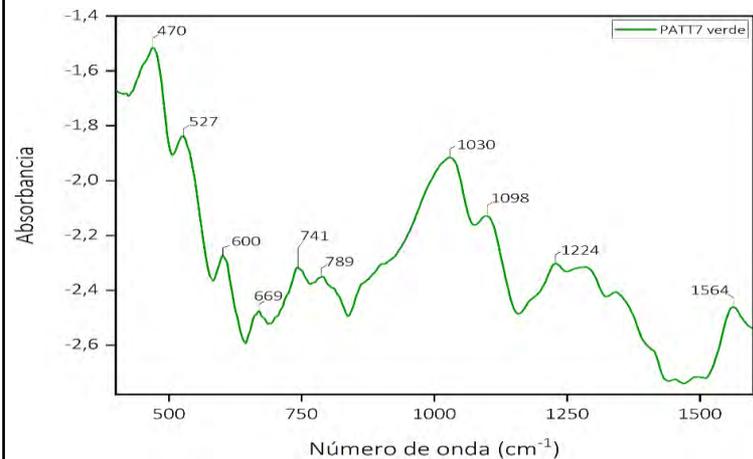
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1212, 1731, 1766, 2316, 2354 nm

Fluorescencia de Rayos X



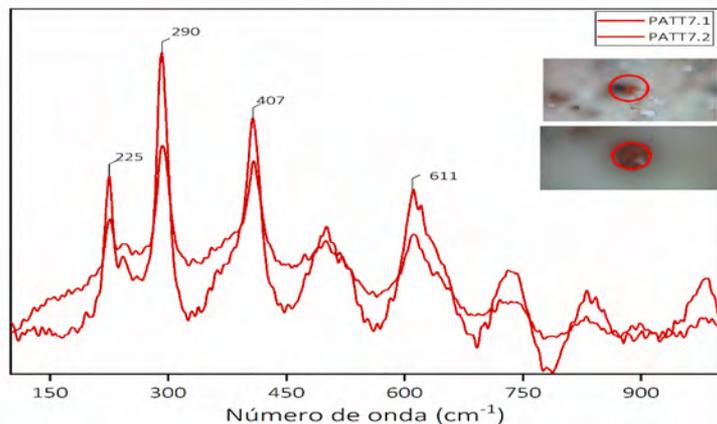
Els. químicos relevantes verde: Cu, P, Zn, As; **anaranjado:** Fe, Ti, Al, Si

Espectroscopía Infrarroja



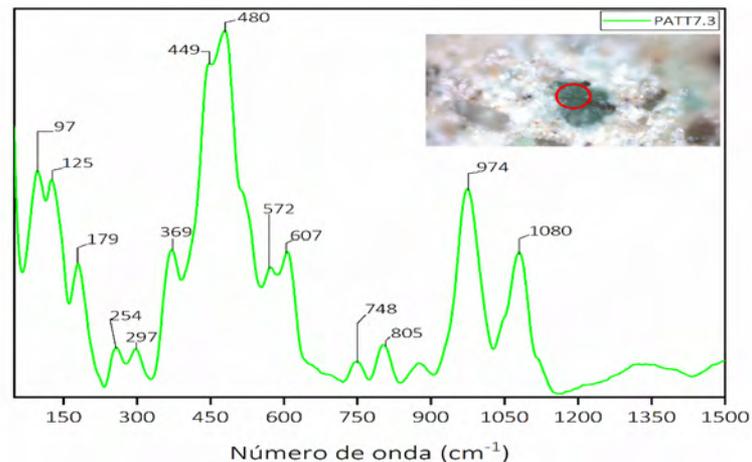
Óxidos de hierro: 470; **pseudomalaquita:** 527, 741, 789, 1030, 1098 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), part. roja en pigmento verde)



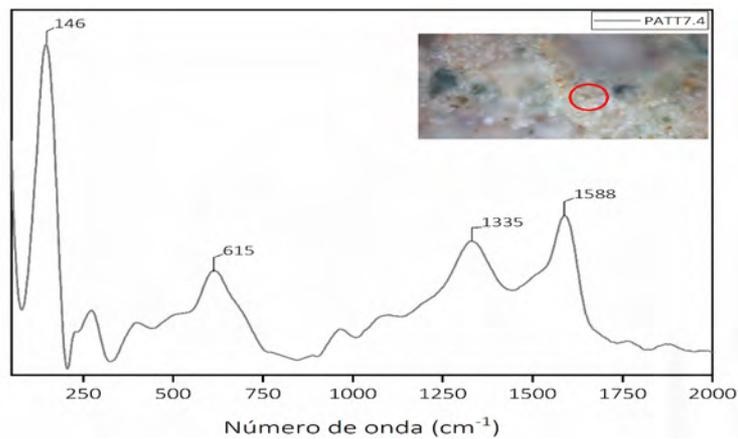
Hematita: 225, 290, 407, 611 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. verdes



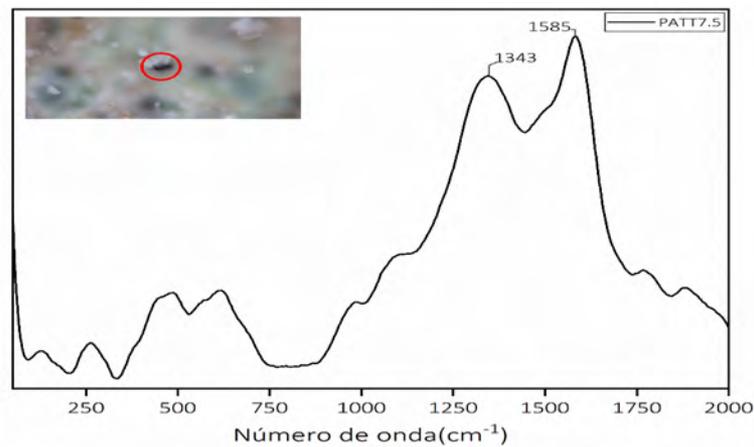
Pseudomalaquita: 97, 125, 179, 254, 297, 369, 449, 480, 572, 607, 748, 805, 974, 1080 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula marrón en pigmento verde



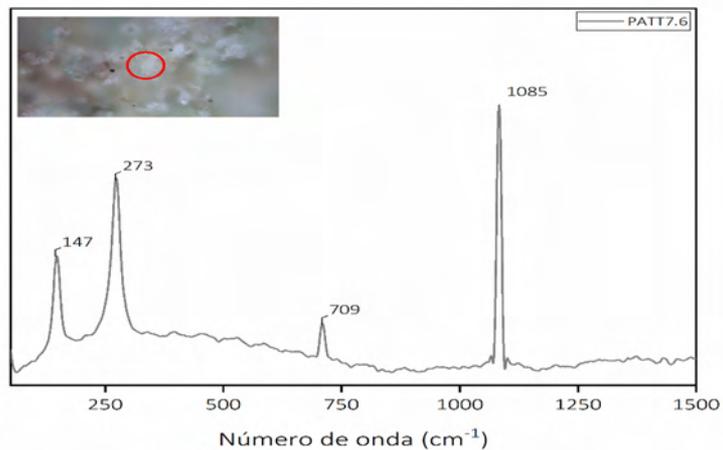
Anatasa: 146, 615; **carbón:** 1335, 1588 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), part. negra en pigmento verde



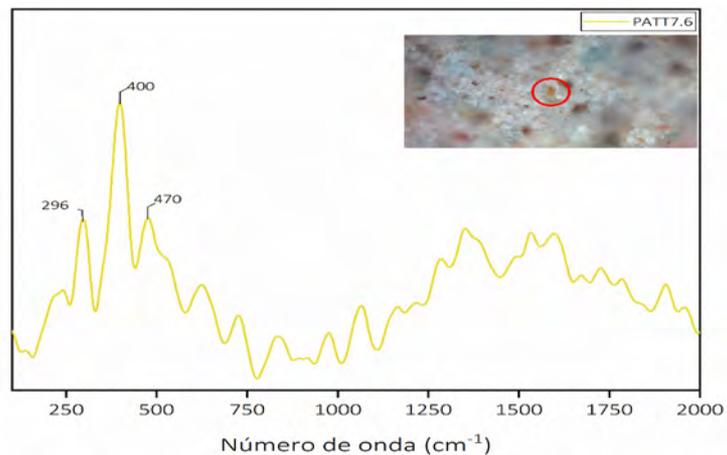
Carbón: 1343, 1585 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. blanca en pigmento verde



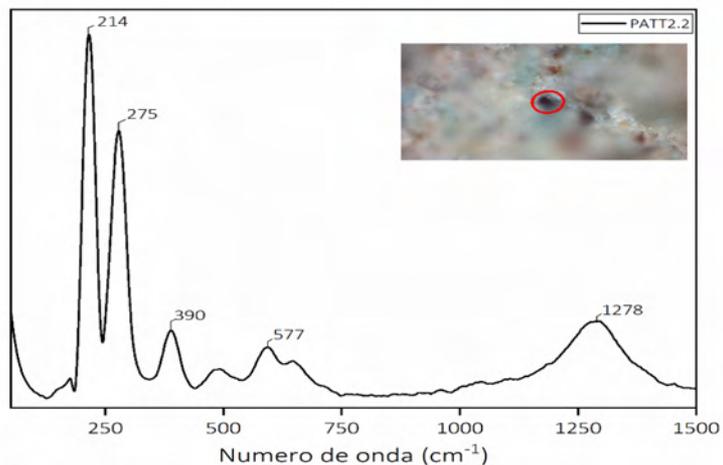
Calcita: 147, 273, 709, 1085 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. amarilla en pigmento verde



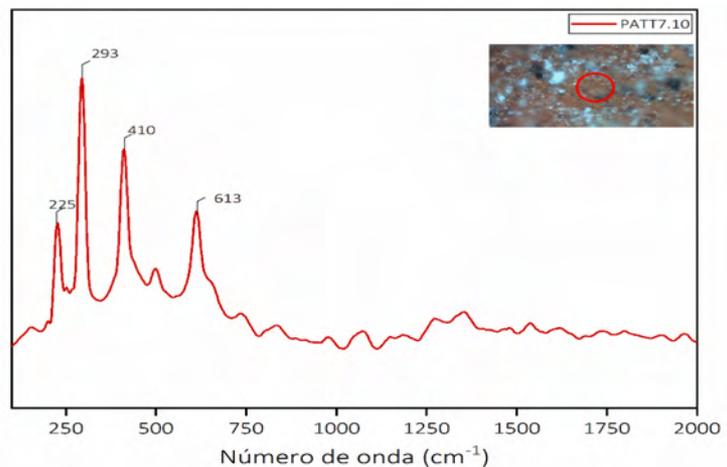
Goethita: 296, 400, 470 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. negra en pigmento verde



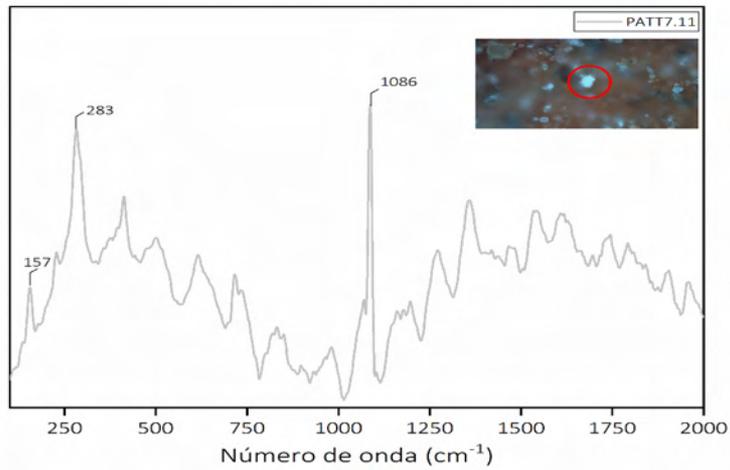
Material sin identificar

Espectroscopía Raman (50X). Rojo



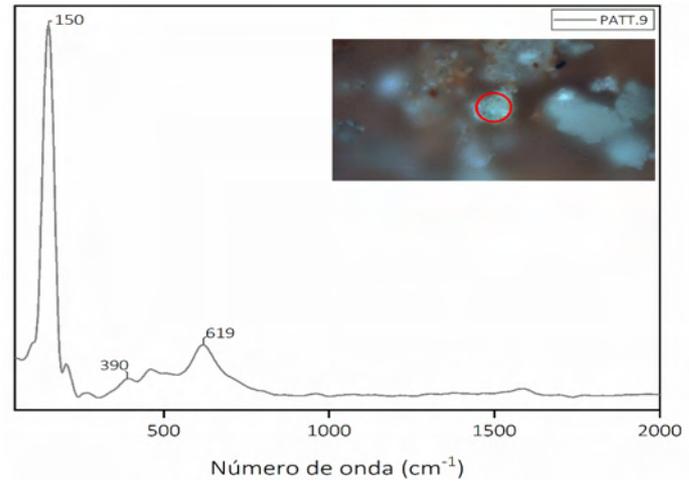
Hematita: 225, 293, 410, 613 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. blanca en pigmento rojo



Calcita: 157, 283, 1086 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X). Part. blanca en pigmento rojo



Anatasa: 150, 619 cm⁻¹

PATT08



Microscopía óptica 150X



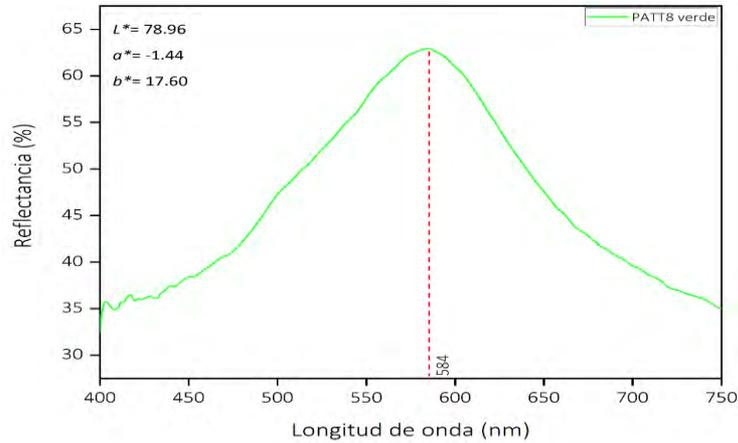
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 50X EDOF

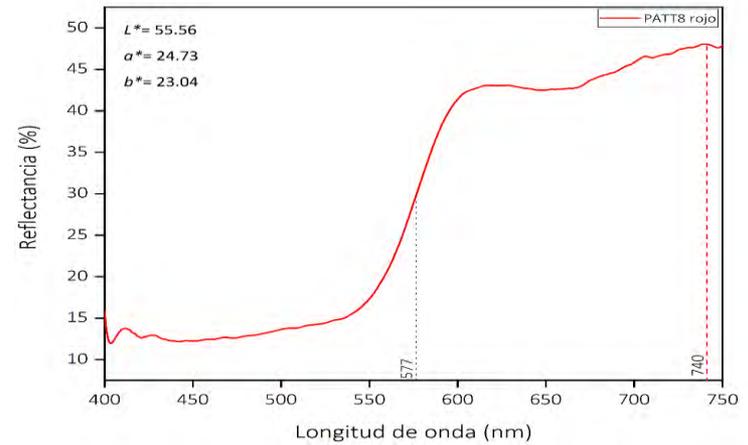


Espectrocolorimetría RUBY



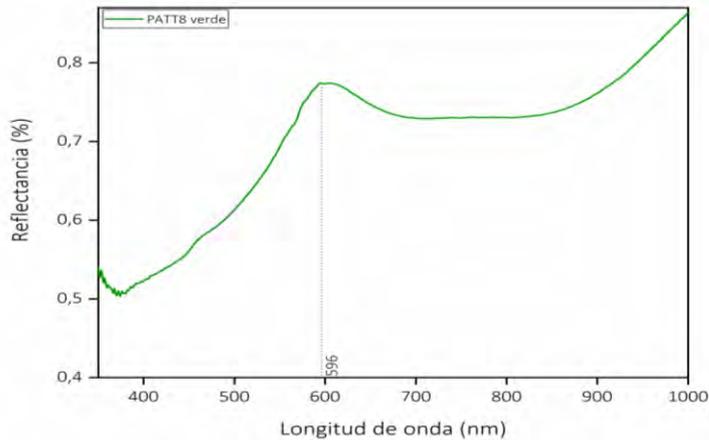
Máx. de reflectancia: 584 nm

Espectrocolorimetría RUBY



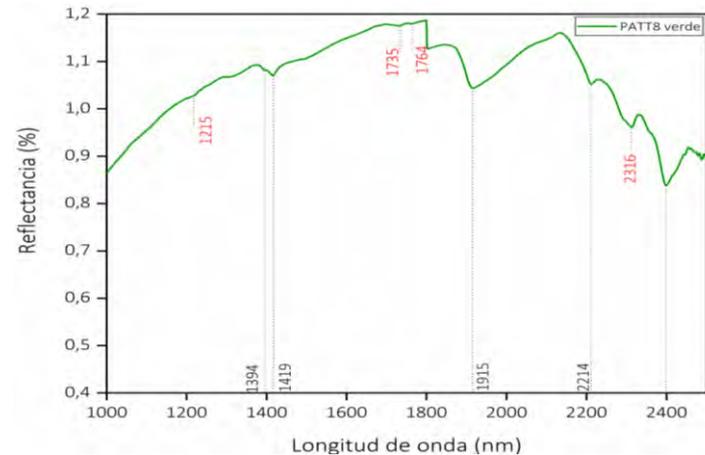
Pto. de inflexión: 577 nm ; Máx. de reflectancia: 740 nm ;
 banda absorción: ± 650

FORS verde (350-1000 nm)



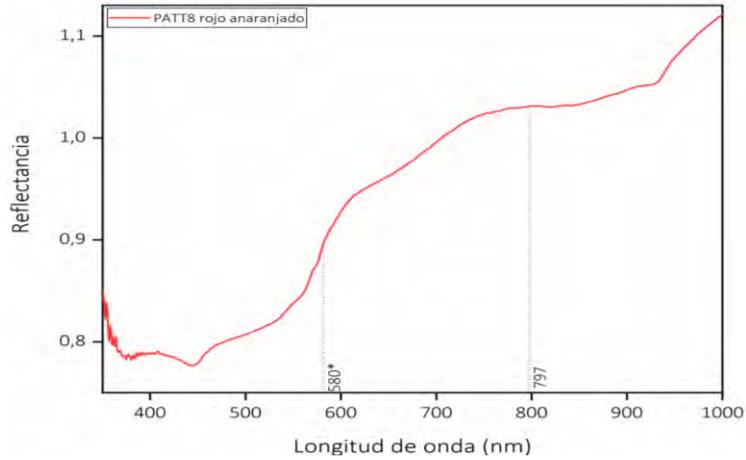
Máx. de reflectancia: 596; banda de absorción: ± 800 nm

FORS verde (1000-2500 nm)

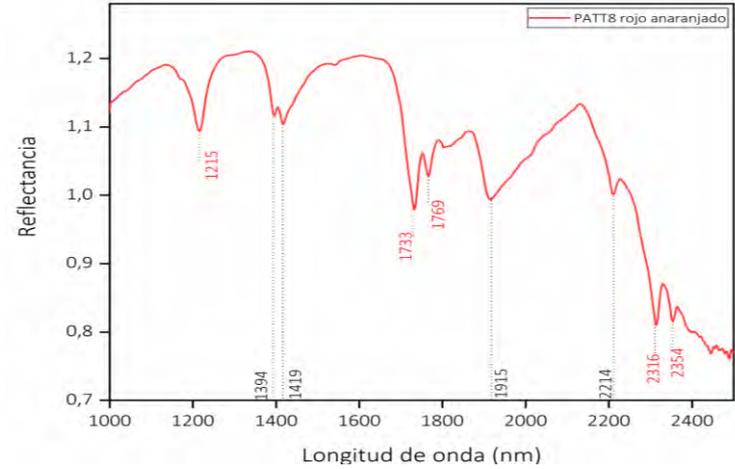


Bandas asociadas a metilenos (CH_2): 1215, 1735, 1764, 2316 nm

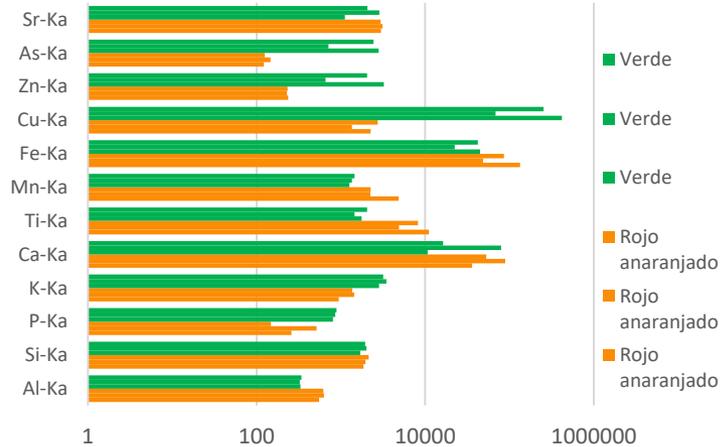
FORS rojo (350-1000 nm)



FORS rojo (1000-2500 nm)

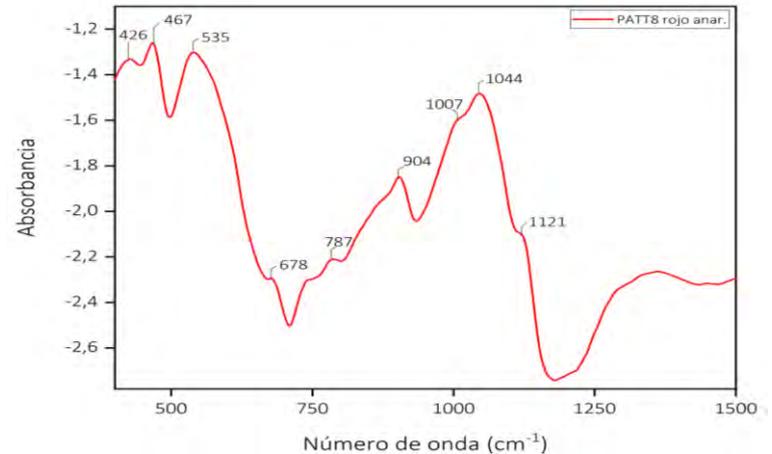


Fluorescencia de Rayos X



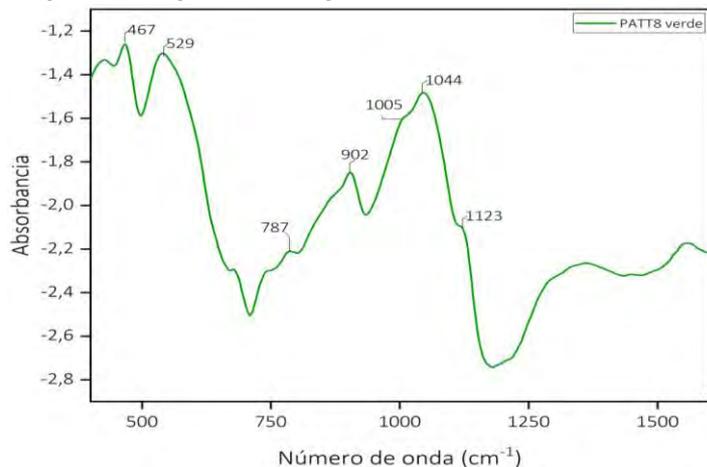
Els. químicos relevantes verde: Cu, P, Zn, As; anaranjado: Fe, Ti, Al, Si

Espectroscopía Infrarroja



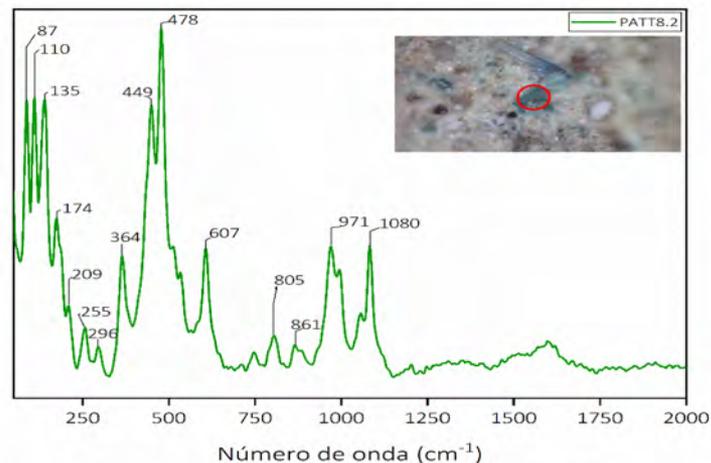
Óxidos de hierro: 467, 535; montmorillonita: 426, 787, 904, 1007, 1044, 1121 cm^{-1}

Espectroscopía Infrarroja



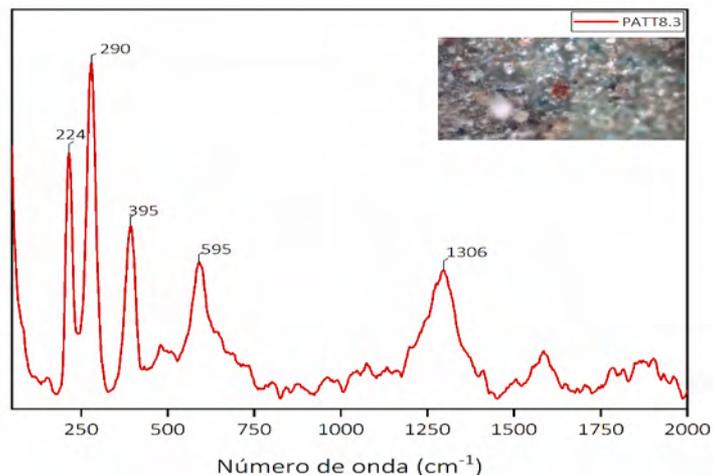
Óxidos de hierro: 470; **pseudomalaquita:** 529, 787; **montmorillonita:** 902, 1005, 1044, 1123 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. verdes



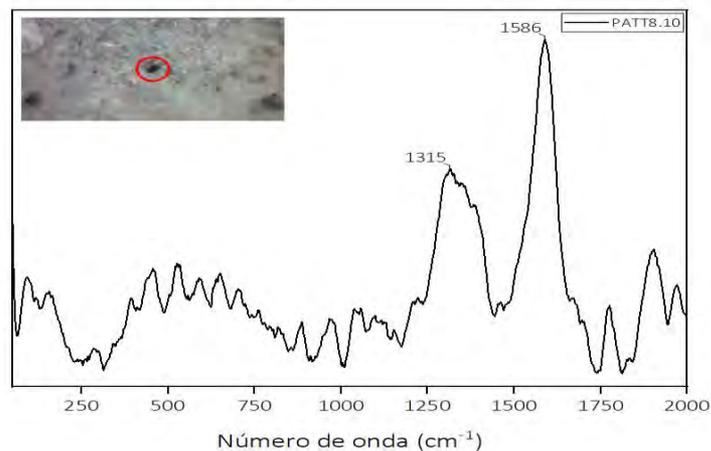
Pseudomalaquita: 87, 110, 135, 174, 209, 255, 296, 364, 449, 478, 607, 748, 805, 861, 971, 1080 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) partícula roja en pigmento verde



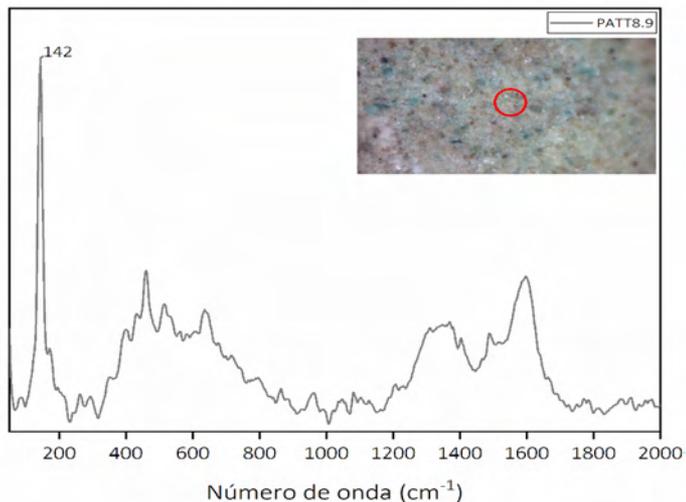
Hematita: 224, 290, 395, 595, 1306 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), part. negra en pigmento verde



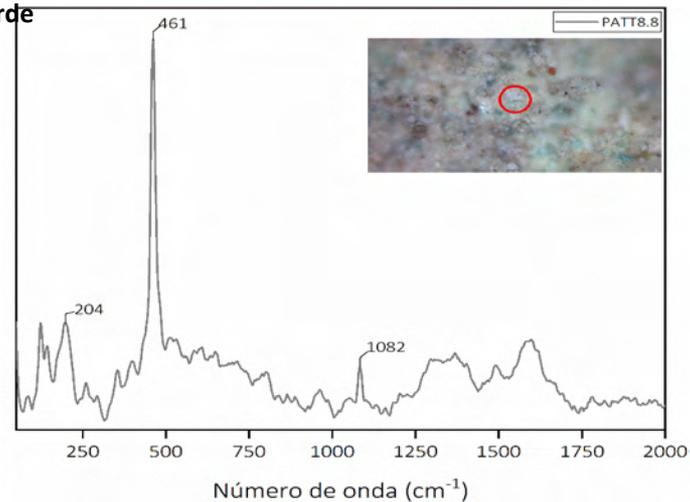
Carbón: 1315, 1586 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. blanca en pigmento verde



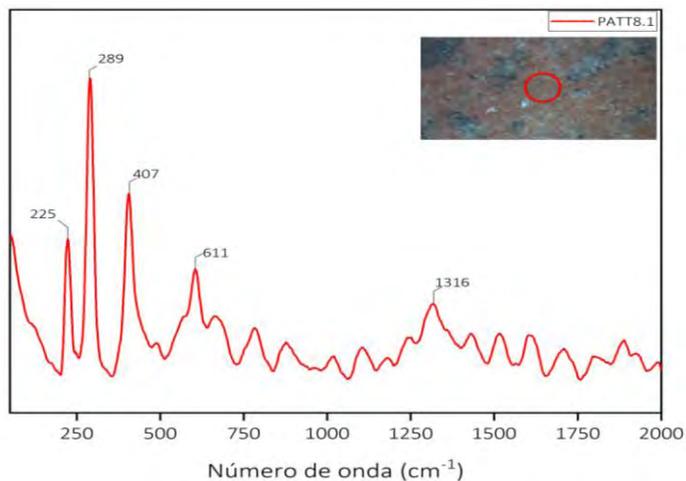
Anatasa: 142 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) part. translúcida en pigmento verde



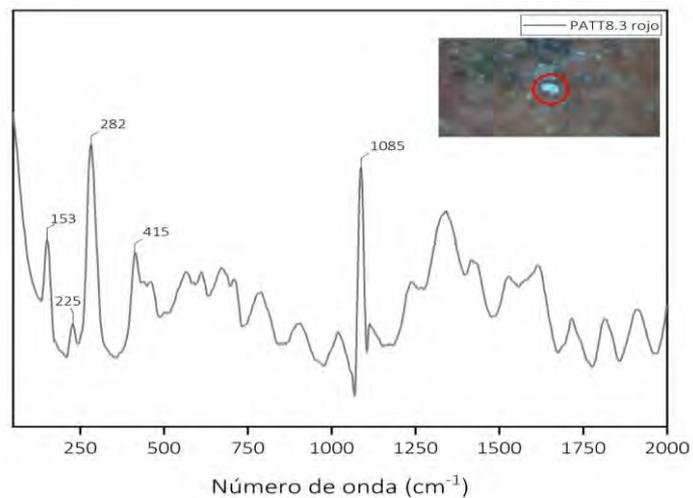
Cuarzo: 204, 461; calcita: 1082 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X) rojo



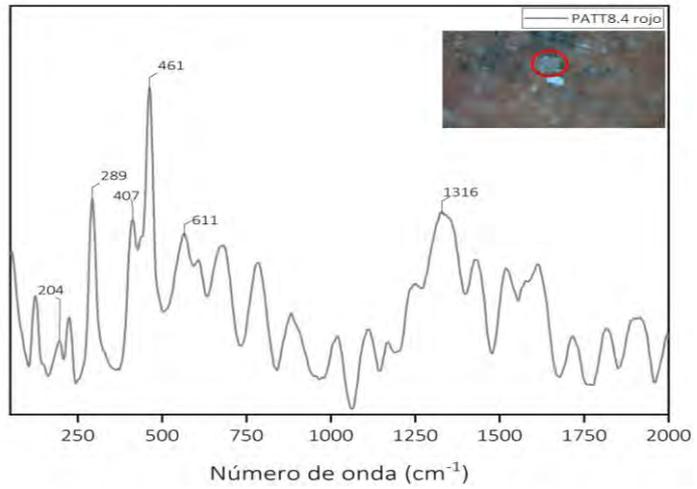
Hematita: 225, 289, 407, 611, 1316 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), part. blanca en pigmento rojo



Calcita: 153, 282, 1085 cm⁻¹

Espectroscopía Raman (50X), part. translúcida en pigmento rojo

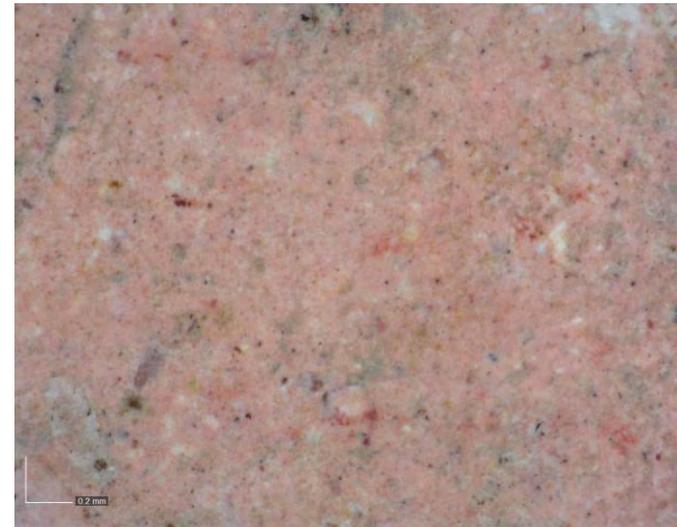


Cuarzo: 461, 204; **hematita:** 289, 407, 611, 1316 cm⁻¹

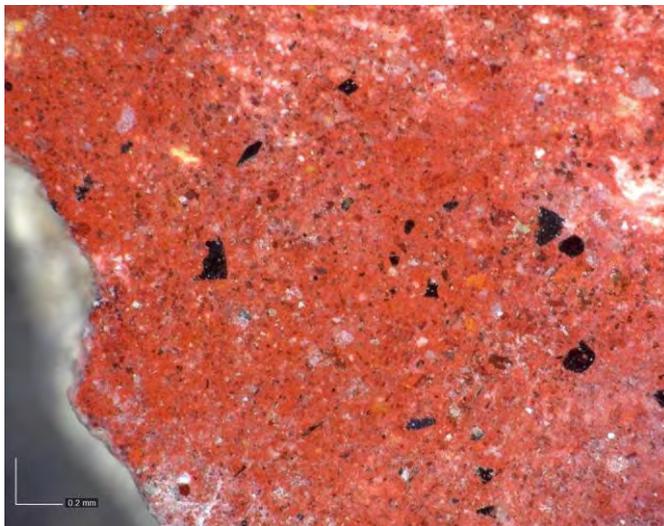
PATT09



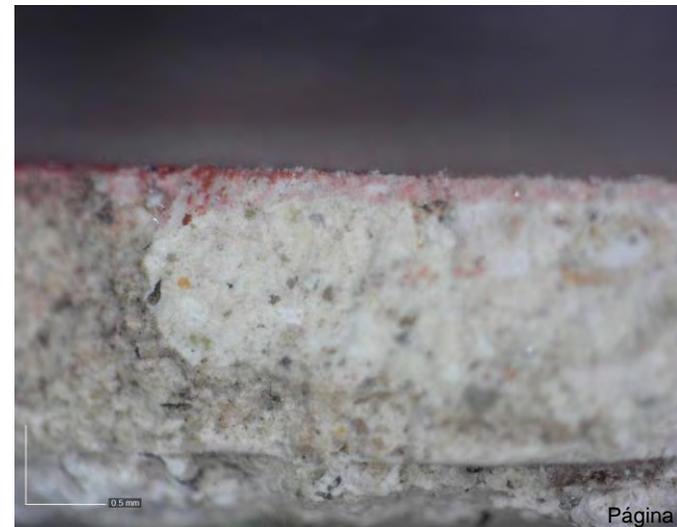
Microscopía óptica 150X



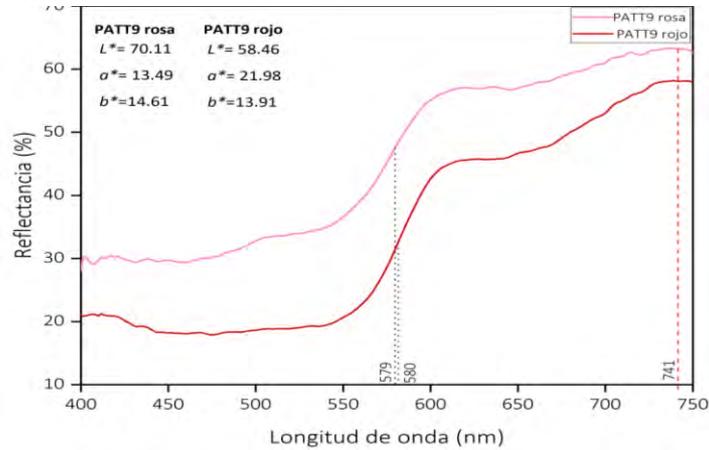
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 100X EDOF

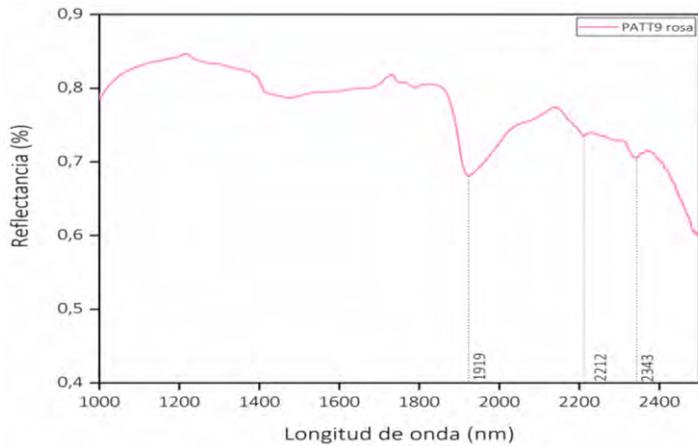


Espectrocolorimetría RUBY



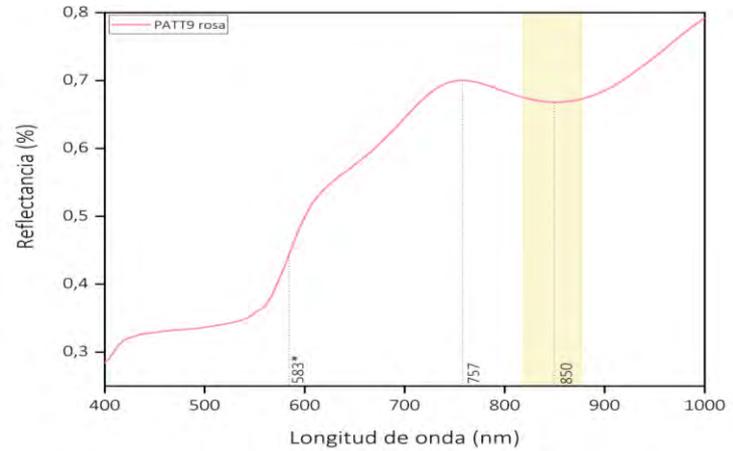
Pto. de inflexión : 579 nm(rosa), 580 nm (rojo); **Máx. de reflectancia:** 741 nm; **banda absorción:** ± 490

FORS rosa (1000-2500 nm)



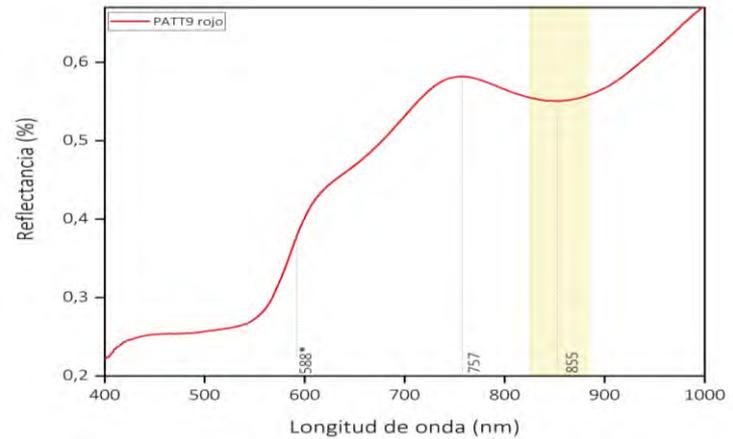
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1213, 1731, 1768, 2313, 2352 nm

FORS rosa (350-1000 nm)



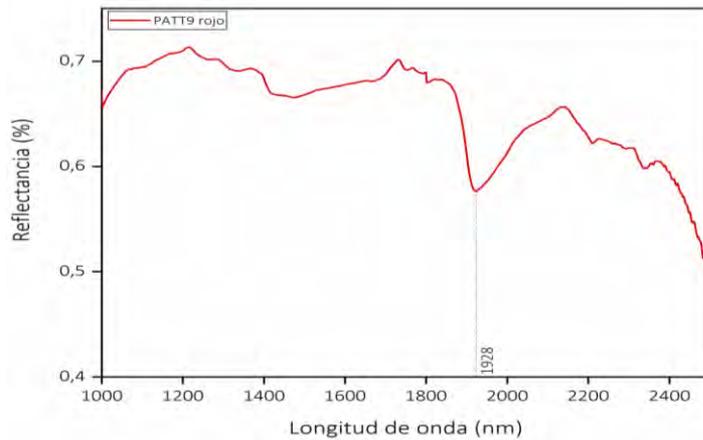
Pto. de inflexión: 583 nm ; **Máx. de reflectancia:** 757 nm; **banda absorción:** ± 850

FORS rojo (350-1000 nm)



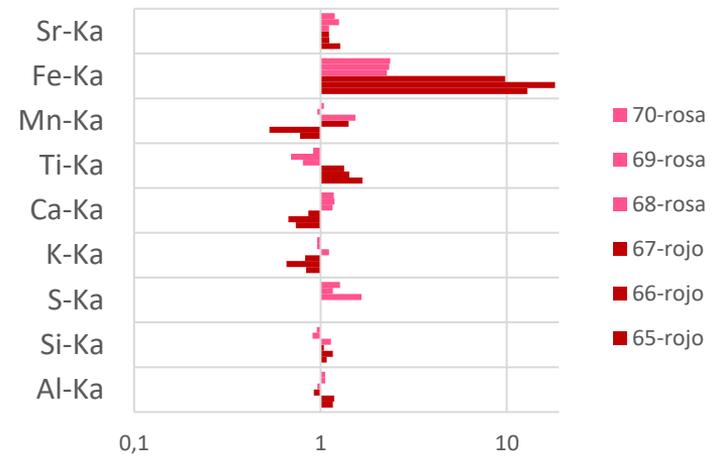
Pto. de inflexión: 588 nm ; **Máx. de reflectancia:** 757 nm; **banda absorción:** ± 855

FORS rojo (1000-2500 nm)



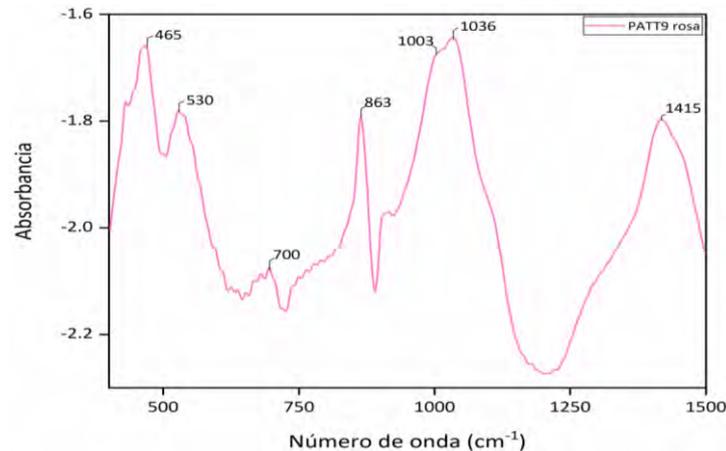
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1213, 1731, 1768 nm

Fluorescencia de Rayos X



Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja

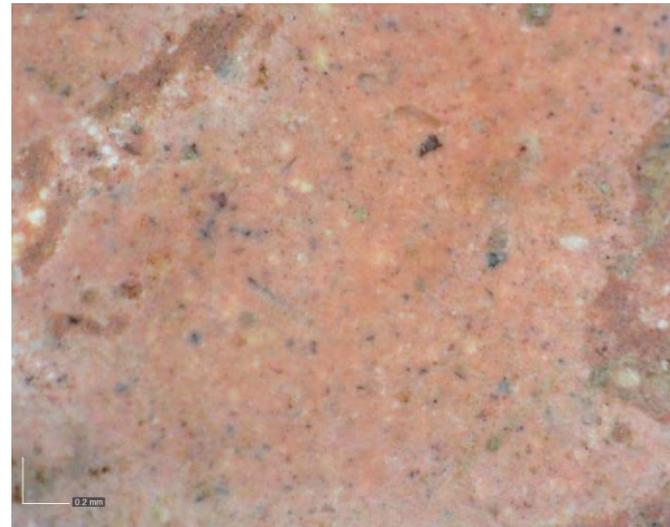


Óxidos de hierro: 465, 530; calcita: 700, 863, 1415; aluminosilicato: 1003, 1036 cm⁻¹

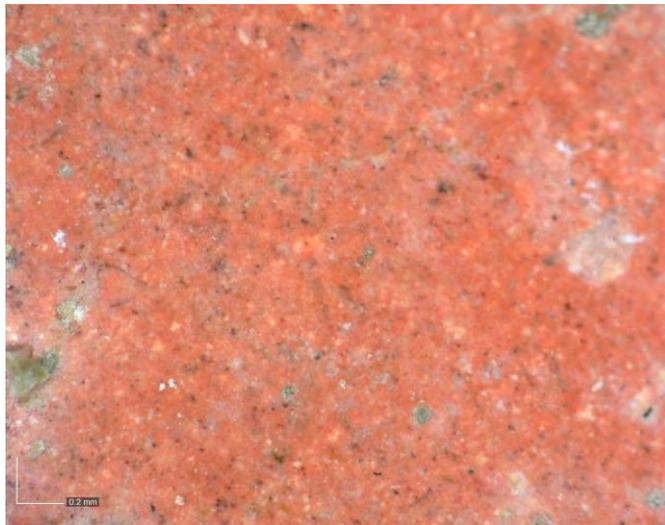
PATT10



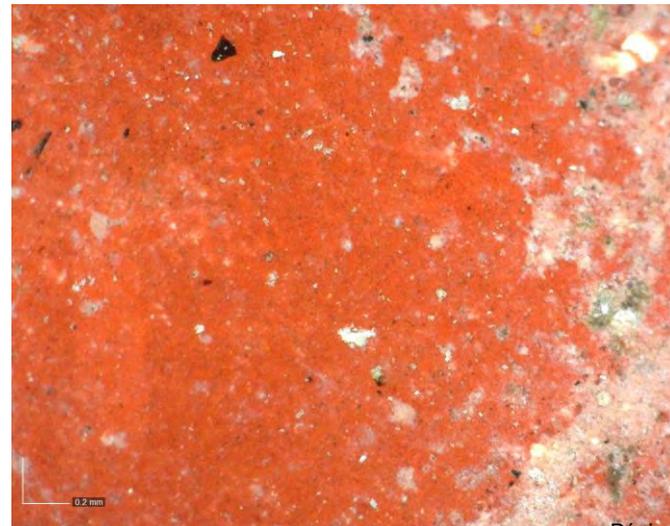
Microscopía óptica 150X



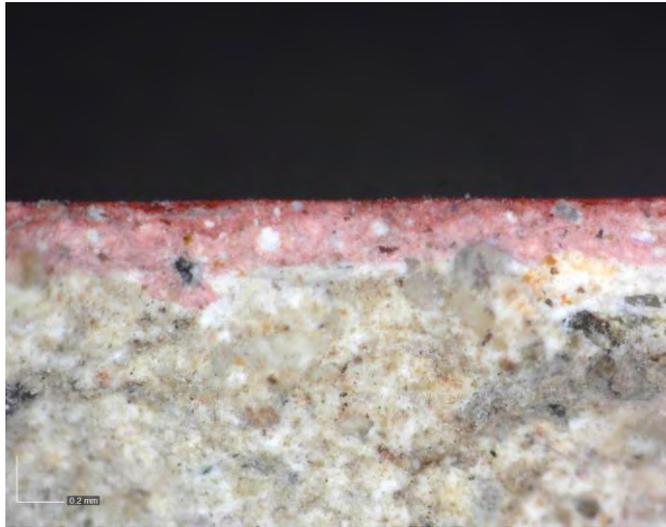
Microscopía óptica 150X



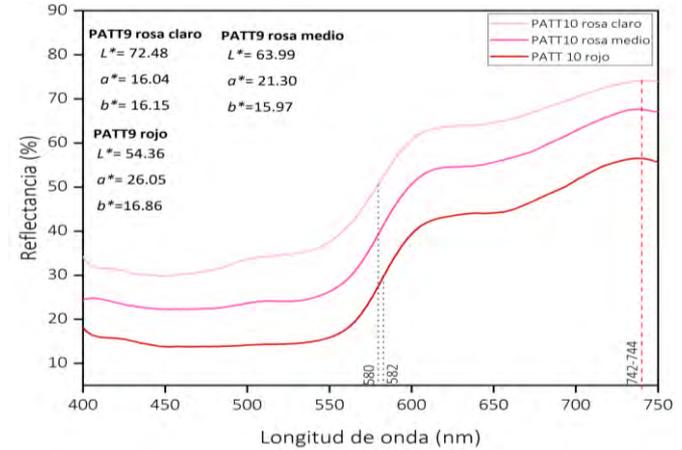
Microscopía óptica 150X



Microscopía óptica 150X EDOF

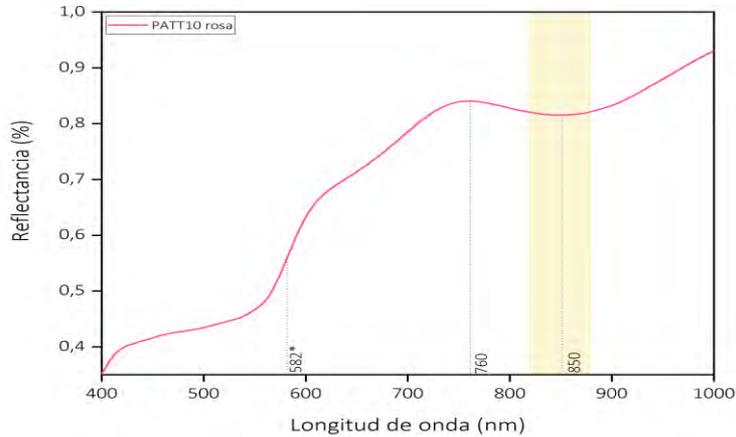


Espectrocolorimetría RUBY



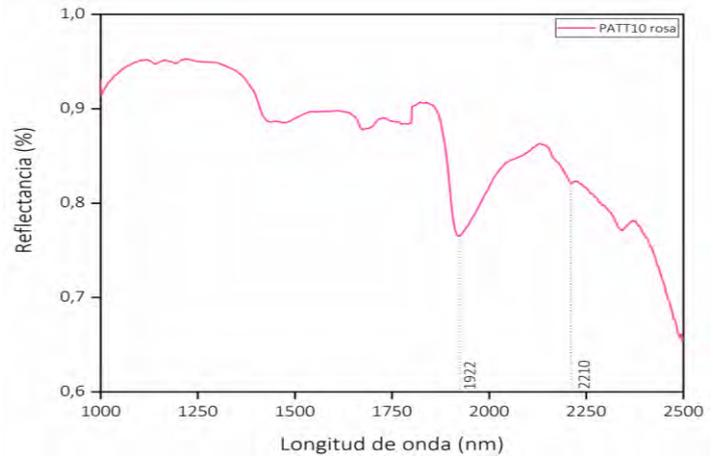
Pto. de inflexión : 580 nm(rosas), 582 nm (rojo); **Máx. de reflectancia:** 742-744 nm; **banda absorción:** ± 490

FORS rosa claro (350-1000 nm)

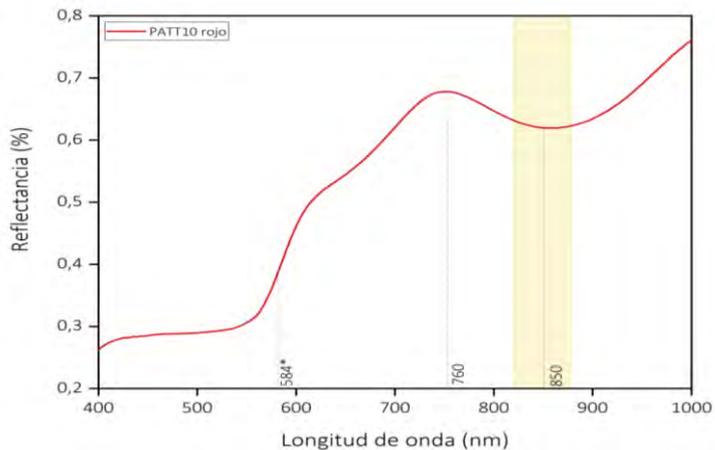


Pto. de inflexión: 582 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm;
banda absorción: ± 850

FORS rosa claro (1000-2500 nm)

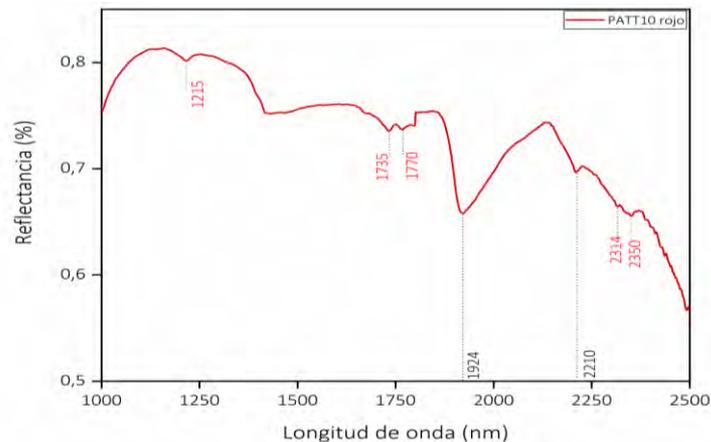


FORS rojo (350-1000 nm)



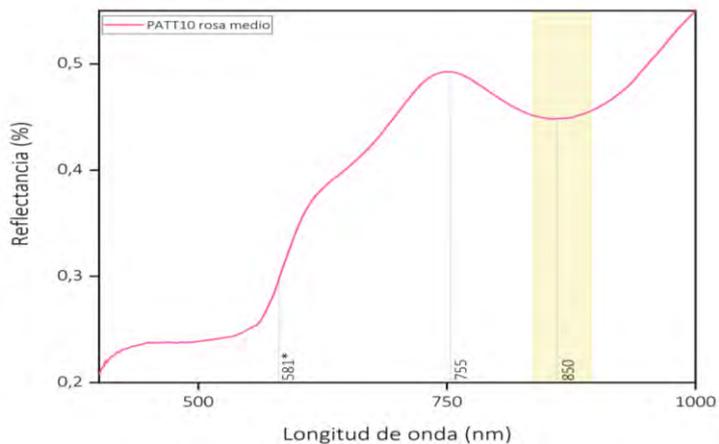
Pto. de inflexión: 588 nm ; **Máx. de reflectancia:** 757 nm;
banda absorción: ± 855

FORS rojo (1000-2500 nm)



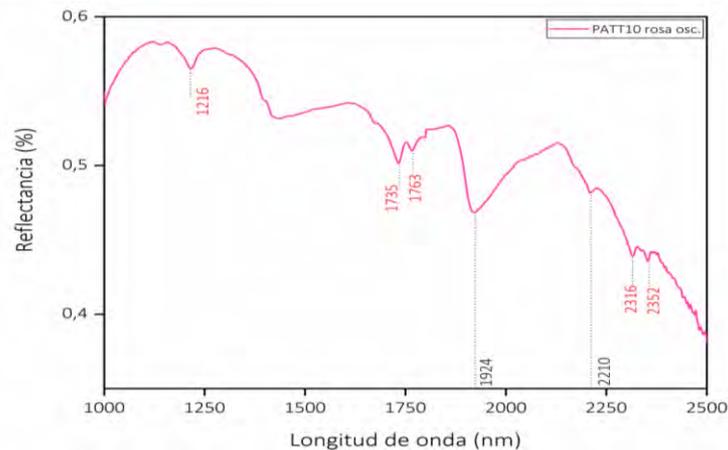
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1215, 1735, 1770, 2314, 2350 nm

FORS rosa medio (350-1000 nm)



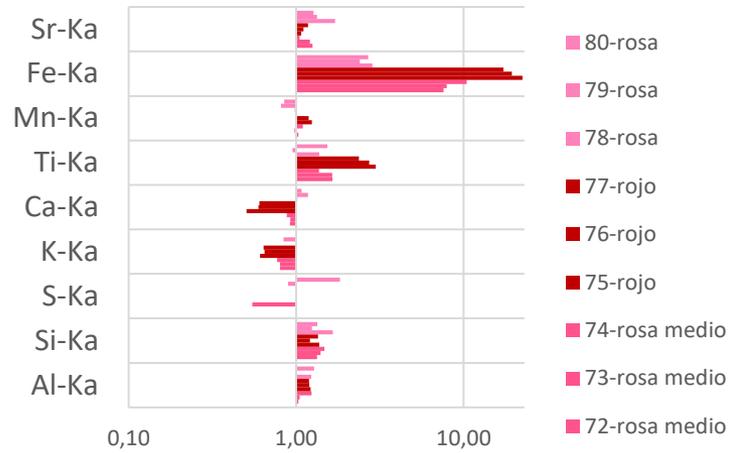
Pto. de inflexión: 582 nm ; **Máx. de reflectancia:** 760 nm;
banda absorción: ± 850

FORS rosa medio (1000-2500 nm)



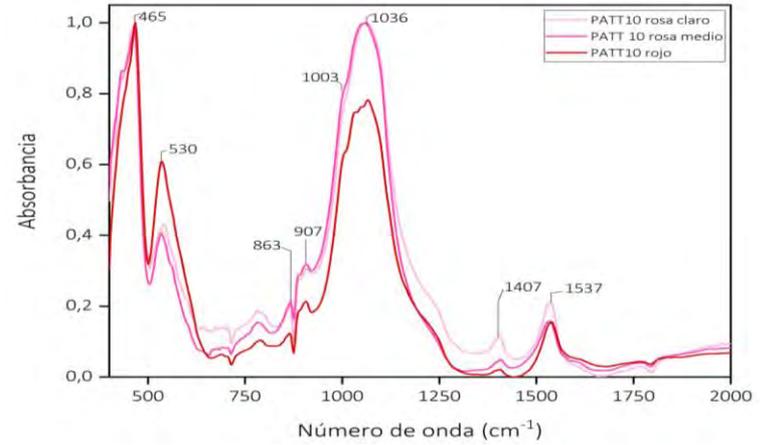
Bandas asociadas a metilenos (CH₂): 1216, 1735, 1763, 2316, 2352 nm

Fluorescencia de Rayos X



Els. químicos relevantes: Ca, Fe, Si, Al

Espectroscopía Infrarroja



Óxidos de hierro: 465, 530; calcita: 863, 1407, 1537; caolinita: 907, 1003, 1036 cm⁻¹