



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO**

POSGRADO EN ANTROPOLOGÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS

**EL COLOR DEL BARRO HABLA;
ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO DE RECUBRIMIENTOS PICTÓRICOS EN
CERÁMICA TRINCHERAS DE BAHÍA TEPOCA, SONORA, DURANTE LA
FASE ATIL (200-800 D.C.).**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN ANTROPOLOGIA

PRESENTA:

HARRISON ANDRES GALLEGOS RAMIREZ

TUTOR:
DR. CÉSAR VILLALOBOS ACOSTA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

La presente investigación se realizó en el marco del *“Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora (PAPIIT IA400816)”*

CANCIÓN DE LOS DOS MUNDOS

En Europa es de día pero es de noche en África.
Al norte del mar está el tiempo, pero está al sur la eternidad.
Los blancos pueblos industriales construyendo la gloria del
[hombre.

Las negras lanzas nervadas custodiando la roja luna.
Las blancas piedras con forma de ninfas danzando en la nieve.
Las melenas de oro, las pieles rayadas, las criaturas de cuellos
[larguísimos como si fueran sueños.

Al norte del mar el insomnio en la noche, al sur la siesta en la
[tarde.

Al norte está la razón estudiando la lluvia, descifrando
[los truenos.

Al sur están los danzantes engendrando la lluvia, al sur están
[los tambores inventando los truenos.

WILLIAM OSPINA

Resumen

Esta investigación se centra en el estudio y caracterización fisicoquímica de materiales colorantes utilizados como recubrimientos pictóricos (pigmento y engobe) sobre una muestra de cerámica arqueológica decorada. Se analizaron 61 fragmentos plenamente georreferenciados en investigaciones arqueológicas previas, provenientes de tres sitios arqueológicos diferentes asociados tipológicamente a la Cultura Trincheras, la cual habitó el desierto centro-oeste del estado de Sonora-México, aproximadamente entre los siglos III y IX d.C.

Una de las características distintivas de las sociedades indígenas semi sedentarias de esta época, se encuentra en la adopción de óxidos de hierro como elemento decorativo en recipientes cerámicos; la amplia dispersión de este material ha permitido inferir aspectos de movilidad e interacción cultural dentro de un amplio territorio que incluye el borde costero del Golfo de California.

A falta de antecedentes que rastrearán procesos tecnológicos y patrones de movilidad poblacional a partir de la tecnología del color por medio de la dispersión regional de cerámica. Se realizaron análisis no invasivos ni destructivos por Fluorescencia de Rayos X (FRX) y microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS) con el fin de reconocer diferencias y similitudes entre las muestras e identificar características de procedencia en la materia prima utilizada para la producción del pigmento púrpura.

Posterior al análisis por FRX se realizó un análisis estadístico robusto con los valores elementales detectados. Así se determinaron dos grupos composicionales estadísticamente diferentes, los cuales agrupan las muestras a partir de las diferencias entre los valores de Ti y Al. Las tendencias muestran la existencia de un grupo composicional focalizado mayoritariamente en uno de los sitios, lo cual sugiere un posible centro de producción del color en el área costera. La microscopía electrónica SEM-EDS, permitió diferenciar las densidades de concentración de elementos químicos que integran las capas pictóricas en ambos grupos composicionales. Con este segundo análisis se observó que el pigmento cuenta con una mayor presencia de Fe con algunas impurezas de otros elementos como el Mn, Al, Ti. Mientras que el engobe al parecer está formado por aluminosilicatos ricos en Fe, Si y bajos en Mn.

Este estudio demostró la variabilidad en las técnicas de preparación del pigmento que involucran la mezcla de materiales colorantes químicamente diferentes entre sí. Abordando de esta manera, aspectos relacionados con los límites territoriales y la interacción social mediante el examen de patrones en el uso de materias primas para la creación de motivos decorativos en cerámica.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: COLOR EN LA PREHISTORIA Y LAS VASIJAS COMO MATERIALIDAD DE UN MUNDO DE COLORES.....	9
TIERRAS ROJAS COMO SUSTRATO DE LA EXPERIENCIA HUMANA	10
ROJO, DE SUS CONNOTACIONES Y ALGUNOS USOS CULTURALES.....	11
ESTRUCTURA Y EXTRACCIÓN DE MATERIALES COLORANTES EN UN PAISAJE DINÁMICO, ALGUNOS ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	15
<i>América del Norte</i>	17
<i>Mesoamérica</i>	18
<i>América del Sur</i>	20
EL INTERÉS POR LA CERÁMICA PINTADA EN EL DESIERTO DE SONORA, ALGUNOS ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	22
LOS OBJETOS CERÁMICOS COMO PORTADORES DE COLOR	27
LA APARICIÓN DE LA CERÁMICA EN EL DESIERTO SONORENSE	29
POSTULADOS TEÓRICOS SOBRE EL ESTUDIO DE LA ALFARERÍA ARQUEOLÓGICA ¿QUIÉN, CÓMO Y PORQUÉ SE ELABORA? ...	32
OBSERVO, SIENTO Y ELIJO PARA PODER HACER	34
ANTROPOLOGÍA DE LA TÉCNICA, RESUMEN DE UN ENFOQUE	37
<i>De la creación a la repetición, nace la construcción de una tradición</i>	39
<i>Mirando y errando se aprende</i>	40
<i>Trasmisión del conocimiento y habitus en el aprendizaje</i>	41
AGENCIA Y TECNOLOGÍA.....	42
¿FRONTERAS Y LÍMITES? PRÁCTICAS TECNOLÓGICAS E INTERACCIONES SOCIALES A PARTIR DE LA CERÁMICA	43
CONSIDERACIONES CAPITULARES.....	45
CAPÍTULO II: TIERRA, MANOS Y ANDAR. TRAYECTORIAS DEL ESTUDIO ARQUEOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA HISTORIA CULTURAL MILENARIA.....	48
ÁREA DE ESTUDIO.....	49
DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	51
CUERNOS Y CARACOLES EN ESPIRAL, ESPINAS CAPTADORAS DE HUMEDAD. FAUNA Y FLORA EN LA COSTA CENTRAL DE SONORA.....	53
FORMACIÓN DE ARCILLAS ROJIZAS EN EL DESIERTO SONORENSE	56
HIDROLOGÍA	57
CURSOS DE AGUA Y DUNAS FRENTE AL MAR	58
ANTECEDENTES SOBRE LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA EN EL ÁREA TRINCHERAS.	60
DETERMINISMO, NACIONALISMO Y OTROS <i>ISMOS</i> ENTRE FINALES E INICIOS DEL XIX Y XX.....	64
¿TRINCHERAS? - ¿PÚRPURA? EL NACIMIENTO TIPOLÓGICO DE UNA CERÁMICA DECORADA ATÍPICA.	66
SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX, MISMAS PREGUNTAS CON NUEVOS ENFOQUES Y PROPUESTAS	69
CRUCE DE CAMINOS PARA GIGANTES CAMINANTES. PANORAMA CRONO-CULTURAL EN SONORA PREHISPÁNICA	71
NI DEL NORTE, NI DEL SUR. LA CONSOLIDACIÓN DE UNA VISIÓN ACADÉMICA PROPIA	73
LA SOCIEDAD TRINCHEREÑA VISTA DESDE EL CERRO Y EL CERCO DE PIEDRA	77
LA CERÁMICA TRINCHERAS PÚRPURA SOBRE ROJO / CAFÉ: METAMORFOSIS DE UNA DEFINICIÓN.	78
CAPÍTULO III: YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS Y MATERIALES	82
LA PROVEEDORA (SON: E:8: 5)	84
ESTERO LOS TANQUES (SON:E:9:3)	87
PAREDONES (SON: E: 13:1)	89

MATERIALES	92
DESCRIPCIÓN CERÁMICA	93
APARICIÓN DE LA CERÁMICA DECORADA EN LA REGIÓN	96
CONCLUSIONES CAPITULARES	99
CAPÍTULO IV: ACERCAMIENTO AL ESTUDIO DE PIGMENTO EN CERÁMICA, DESDE ALGUNAS TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS NO INVASIVAS	101
INTRODUCCIÓN METODOLÓGICA	102
ARQUEOMETRÍA CERÁMICA.....	103
PIGMENTOS Y ENGOBES: RECUBRIMIENTOS FUNCIONALES SOBRE LA PASTA CERÁMICA	104
IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN ELEMENTAL	107
PROTOCOLO ARQUEOMÉTRICO, MUESTREO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS	109
FASE I: REVISIÓN DE MATERIALES Y SELECCIÓN DE MUESTRAS	111
<i>Criterio de Selección de muestras</i>	<i>112</i>
FASE II: ANÁLISIS DE SUPERFICIES	114
<i>Microscopía óptica con Luz Polarizada (MO-LP).....</i>	<i>114</i>
<i>Espectrocolorimetría.....</i>	<i>115</i>
FASE III: ANÁLISIS ELEMENTAL DE ENGOBES, PINTURAS Y PASTAS	118
<i>Fluorescencia de rayos X (FRX)</i>	<i>120</i>
<i>Equipo SANDRA.....</i>	<i>125</i>
<i>Metodología de trabajo.....</i>	<i>127</i>
ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES PRINCIPALES (APC)	131
<i>Análisis estadístico.....</i>	<i>133</i>
FASE IV: ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL.....	136
<i>Microscopía electrónica de barrido/dispersión de rayos X (SEM/EDS).....</i>	<i>136</i>
ALGUNAS LIMITACIONES Y BENEFICIOS DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS	138
<i>Número y separación de grupos de pigmentos y engobes</i>	<i>142</i>
<i>Consideraciones sobre posibles alteraciones postdeposicionales en la cerámica.</i>	<i>143</i>
CAPÍTULO V: ESTUDIO DE CASO. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN ARQUEOMÉTRICA.....	145
RESULTADOS FASE II: ANÁLISIS DE SUPERFICIES.....	147
<i>Microscopía Óptica (LP).....</i>	<i>147</i>
<i>Colorimetría en pigmentos</i>	<i>153</i>
RESULTADOS FASE III: ANÁLISIS ELEMENTAL POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX).....	155
<i>Los Pigmentos y sus resultados composicionales.</i>	<i>155</i>
<i>Discusión del análisis químico mediante FRX del pigmento.....</i>	<i>170</i>
<i>Sobre los engobes.</i>	<i>175</i>
<i>Las pastas cerámicas</i>	<i>188</i>
PRINCIPIOS Y JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DATOS	197
INFERENCIAS ARQUEOLÓGICAS A PARTIR DEL ANÁLISIS QUÍMICO MEDIANTE FRX	198
FASE IV: RESULTADO ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL SEM/EDS.....	199
ANÁLISIS DE LA IMAGEN.....	201
<i>Pigmento púrpura no especular: Grupo “a”</i>	<i>201</i>
<i>Decoración especular del Grupo “b”</i>	<i>206</i>
CONSIDERACIONES SOBRE EL ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL DEL PIGMENTO	211
INFERENCIAS ARQUEOLÓGICAS A PARTIR DE LOS ANÁLISIS ELEMENTALES DEL COLOR. DIFERENCIAS TECNOLÓGICAS EN LA RECETA PICTÓRICA. ¿CAMBIOS TEMPORALES Y RELACIONES ESPACIALES?.....	212
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	216
LA CERÁMICA DECORADA, <i>CRONOTOPO</i> DE LA INTERACCIÓN TRINCHEREÑA EN BAHÍA TEPOCA.	217
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229
ANEXO I: INVENTARIO DE MUESTRAS ANALIZADAS.....	247
ANEXO II: MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO- MICROANÁLISIS DE RAYOS X	265
ANEXO III: TABLAS- FLUORESCENCIA DE RAYOS X -.....	277
ANEXO IV: DATOS ESPECTROCOLORÍMETRO -RUBY-.....	287

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDIO	50
FIGURA 2. SISTEMA ESPACIAL DE REGISTRO ARQUEOLÓGICO USADO EN SONORA, CON CUADRANTES EN MENCIÓN, MARCADOS CON ACHURADO..	83
FIGURA 3. SECTOR PROVEEDORA Y UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS EN LOS DIFERENTES SITIOS DE RECOLECCIÓN.....	84
FIGURA 4. MAPA DEL SECTOR TANQUES (SON:E:9:3)	88
FIGURA 5. RELACIÓN PORCENTUAL DE MUESTRAS POR TIPO Y SITIO.	96
FIGURA 6. PROTOCOLO DE EXPERIMENTACIÓN ARQUEOMÉTRICA EFECTUADO.....	111
FIGURA 7. UBICACIÓN DE LOS TRES SECTORES ANALIZADOS. 41 FRAGMENTOS EN LA COSTA Y 20 EN TIERRA ADENTRO.....	113
FIGURA 8. ESPACIO DE COLOR CIELA*B*	116
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS NIVELES DE ENERGÍA DE LOS ELECTRONES DE LOS NIVELES K, L, M, N EN UN ÁTOMO. ASIMISMO, SE MUESTRAN LOS VALORES $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$ Y $M\alpha$ DE TRANSICIONES ELECTRÓNICAS CORRESPONDIENTES A LAS LÍNEAS DE EMISIÓN CARACTERÍSTICAS DE LOS RAYOS X	121
FIGURA 10. DIAGRAMAS DE MOSELEY PARA LAS SERIES K, L Y M.	122
FIGURA 11. ESPECTRO FRX DE ALTA ENERGÍA OBTENIDO CON UNA FUENTE RADIOACTIVA DE ^{109}Cd DE 22.1 KEV.	123
FIGURA 12. ESQUEMA DE UN TÍPICO INSTRUMENTO DE FRX CON ENERGÍA DISPERSIVA.	124
FIGURA 13. ESQUEMA EQUIPO SANDRA	126
FIGURA 14. VALORES COLORIMÉTRICOS POR MUESTRA.	154
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LAS 61 MUESTRAS EN EL SISTEMA CIELAB* DE MEDICIÓN DEL COLOR.	154
FIGURA 16. MATRIZ DE DISPERSIÓN PARA PIGMENTOS DE (PC) POR SECTOR	156
FIGURA 17. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE GRUPO COMPOSICIONAL (GC) DE PIGMENTOS CON UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 90%.	157
FIGURA 18. NÚMERO DE MUESTRAS POR GRUPO COMPOSICIONAL Y SITIO, BASADAS EN EL PIGMENTO	158
FIGURA 19. DIAGRAMA "BOXPLOT" DE LA MUESTRA 61. GC "c", DEL SITIO (SON:E:9:3), BOLSA (56715).....	158
FIGURA 20. DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES DE TI Y AL, POR CADA GC.	160
FIGURA 21. DIAGRAMA DE SILUETAS-PIGMENTOS. INDICA EL NUMERO DE MUESTRAS POR GC. "b"=12 FRAGMENTOS, "a"=48 FRAGMENTOS Y "c"=1 FRAGMENTO	161
FIGURA 22. GRÁFICA MOSTRANDO LA SEPARACIÓN ENTRE LOS TRES GRUPOS COMPOSICIONALES DETERMINADOS PARA PIGMENTOS. LOS TRES GC EXPLICAN EL 84.96% DE LA VARIANZA TOTAL DE LA MUESTRA	162
FIGURA 23. DIAGRAMA (XY). GRUPOS COMPOSICIONALES DE PIGMENTO POR SECTOR.....	163
FIGURA 24. DIAGRAMA DE DENSIDAD REPRESENTANDO LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES DEL PIGMENTO. POR SECTOR.	164
FIGURA 25. GRÁFICA (XY) DE GRUPOS COMPOSICIONALES GC DE PIGMENTOS POR TIPO CERÁMICO	165
FIGURA 26. GRUPO COMPOSICIONAL DEL PIGMENTO POR TIPO Y (GC).	167
FIGURA 27. DIAGRAMA DE DENSIDAD, INDICANDO COLORACIÓN INTENSA POR COHESIÓN ENTRE MUESTRAS DEL MISMO TIPO CERÁMICO A PARTIR DE LA OPOSICIÓN ENTRE EL PC1 V.S PC2	168
FIGURA 28. DIAGRAMAS DE PUNTOS (SCATTER PLOT) EL CUAL REPRESENTA GRÁFICAMENTE EL CRUCE ENTRE LOS ELEMENTOS TRAZA TRASFORMADOS EN LOG ₁₀ (PC) DEL PIGMENTO Y LOS SECTORES DE PROCEDENCIA DE CADA MUESTRA. CADA MUESTRA ESTÁ NUMERADA Y EL COLOR REPRESENTA EL SECTOR DE RECOLECCIÓN	169
FIGURA 29. CERÁMICA TRINCHERAS PÚRPURA SOBRE ROJO_ GRUPO COMPOSICIONAL DE PIGMENTO "A" Y "B". PERTENECIENTES RESPECTIVAMENTE A LAS MUESTRA 3 (SON:E:13:6) Y MUESTRA 4 (SON:E:13:1 4) AMBAS DEL SECTOR PAREDONES.	171
FIGURA 30. MUESTRAS GC "b" DE PIGMENTOS, QUE MUESTRAN RELACIÓN ENTRE LOS SITIOS PAREDONES (AZUL) Y PROVEEDORA (ROSA)	172
FIGURA 31. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS COMPOSICIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	175
FIGURA 32. MATRIZ DE DISPERSIÓN PARA ENGOMBES DE PC POR SECTOR.....	177
FIGURA 33. CÍRCULOS DE CONFIABILIDAD POR PC DE ENGOMBES	178
FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE LAS 61 MUESTRAS POR SITIO Y GRUPO COMPOSICIONAL EN EL ENGOBE	179
FIGURA 35. DIAGRAMA DE SILUETAS PARA ENGOMBES. 1= "b" Y 2= "a".	179
FIGURA 36. GRÁFICA MOSTRANDO LA SEPARACIÓN ENTRE LOS DOS GRUPOS COMPOSICIONALES DETERMINADOS PARA ENGOBE. LOS DOS COMPONENTES EXPLICAN EL 86.37% DE LA VARIANZA	180
FIGURA 37. DIAGRAMA (XY) _ GRUPOS COMPOSICIONALES ENGOBE POR SECTOR.....	181

FIGURA 38. DISTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS CERÁMICOS DISCRIMINADOS POR GRUPO COMPOSICIONAL DE ENGOBES	183
FIGURA 39. ENGOBES REPRESENTATIVOS DEL GRUPO "A". TODOS DEL SECTOR TANQUES: MUESTRAS 43 (SON:E:9:3), 57 (SON:E:9:20) Y 54 (SON:E:9:3)	184
FIGURA 40. FRAGMENTOS CON ENGOBES IDÉNTICOS. MUESTRAS 39 BOLSA (4) Y MUESTRA 5 BOLSA (35964).	184
FIGURA 41. GRUPO COMPOSICIONAL DEL ENGOBE POR TIPO	185
FIGURA 42. DIAGRAMAS DE PUNTOS (SCATTER PLOT) EL CUAL REPRESENTA GRÁFICAMENTE EL CRUCE ENTRE LOS ELEMENTOS TRAZA TRASFORMADOS EN LOG.19 (PC) DEL ENGOBE. CADA MUESTRA ESTA NUMERADA Y EL COLOR REPRESENTA EL SECTOR ARQUEOLÓGICO DE PROCEDENCIA	187
FIGURA 43. MATRIZ DE DISPERSIÓN PARA PASTAS DE PC POR SECTOR.	189
FIGURA 44. CÍRCULOS DE CONFIABILIDAD DE 78%, DE PC EN PASTAS, POR SITIOS.....	190
FIGURA 45. GRUPOS COMPOSICIONALES DE PASTAS POR SITIO	191
FIGURA 46. DIAGRAMA DE SILUETAS PARA PASTAS. DONDE 1= "A", 2= "C" Y 3= "B"	191
FIGURA 47. GRÁFICA MOSTRANDO LA SEPARACIÓN ENTRE LOS DOS GRUPOS COMPOSICIONALES DETERMINADOS PARA PASTAS. LOS DOS COMPONENTES EXPLICAN EL 93.79% DE LA VARIANZA.....	192
FIGURA 48. DIAGRAMA (XY). EN GRUPOS COMPOSICIONALES DE PASTAS, DISCRIMINADAS POR SECTOR	193
FIGURA 49. DIAGRAMA (XY) _ GRUPOS COMPOSICIONALES DE PASTAS, DISCRIMINADAS POR TIPO CERÁMICO	194
FIGURA 50. GRUPOS COMPOSICIONALES DE PASTAS POR TIPO.....	195
FIGURA 51. DIAGRAMAS DE PUNTOS (SCATTER PLOT) EL CUAL REPRESENTA GRÁFICAMENTE EL CRUCE ENTRE LOS ELEMENTOS TRAZA TRASFORMADOS EN LOG.19 (PC) DE LAS PASTAS Y LOS SECTORES DE PROCEDENCIA DE CADA MUESTRA. CADA MUESTRA ESTA NUMERADA Y EL COLOR REPRESENTA EL SECTOR ARQUEOLÓGICO DE SU HALLAZGO.	196
FIGURA 52. MAPEO ELEMENTAL SEM/EDS, MUESTRA 50 A X50	202
FIGURA 53. MAPEO ELEMENTAL SEM/ EDS EN MUESTRA 25	203
FIGURA 54. ESPECTROS DE SEM/EDS EN LA MUESTRA 25, EN DONDE SE MUESTRAN ELEMENTOS ASOCIADOS A LA ILMENITA.	204
FIGURA 55. MAPEO ELEMENTAL SEM/EDS EN LA MUESTRA 5, X200	205
FIGURA 56. MAPEO SEM/EDS EN MUESTRA 36 ESPECULAR DE PROVEEDORA.....	207
FIGURA 57. MAPEO ELEMENTAL EN MUESTRA 4, NO SE APRECIAN CONCENTRACIONES MINERALES DE TITANIO.	208
FIGURA 58. ESPECTROS DE SEM/EDS DE LA MUESTRA 4, DONDE NO SE APRECIA EL PICO DIAGNÓSTICO PARA TITANIO (Ti). PERO SI PARA EL HIERRO (Fe)	209
FIGURA 59. MAPEO SEM/EDS SOBRE EL PIGMENTO Y EL ENGOBE DE LA MUESTRA 27, PROVENIENTE DE LA PROVEEDORA 210	
FIGURA 60. PORCENTAJE DE TITANIO OBTENIDO POR SEM/EDS, EN MUESTRAS DE AMBOS GC.....	211

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTO 1. TIPO TRINCHERAS PÚRPURA SOBRE ROJO. MUESTRA 2, SITIO (SON:E:13:6), BOLSA 36041	66
FOTO 2. PRINCIPALES TIPOS CERÁMICOS DECORADOS HALLADOS EN SONORA.	67
FOTO 3. LA PROVEEDORA. SECTOR / SAN JOSÉ.....	85
FOTO 4. PETROGRABADOS, SITIO LA CALERA-PROVEEDORA.	86
FOTO 5. PETROGRABADOS, SITIO SAN JOSÉ – PROVEEDORA.	86
FOTO 6. SECTOR TANQUES (SON:E:9:3). FOTOGRAFÍA ARCHIVO BAHÍA TEPOCA.....	87
FOTO 7. POZO DE CONTROL ESTRATIGRÁFICO (SON:E:9:3)	89
FOTO 8. CONCENTRACIÓN DE MATERIALES. SITIO SON:E:9:3).....	89
FOTO 9. BORDE COSTERO AL SUR DE PUERTO LOBOS _SECTOR PAREDONES_2017.....	90
FOTO 10. PANORÁMICAS DEL SITIO COSTERO (SON:E:13:1), VISTA DE ESTE A OESTE Y VICEVERSA.....	91
FOTO 11. POZO 1, NIVEL 4 UBICADO EN EL SITIO (SON: E:13:1)-.....	92
FOTO 12. TRINCHERAS PÚRPURA SOBRE ROJO, CON HEMATITA ESPECULAR, (LP) 50X. MUESTRA 1, SITIO (SON:E:13:6), BOLSA (36041)	93
FOTO 13. HUELLAS DE ACABADO INTERNO "RASPADO". MUESTRA 47, SITIO (SON:E:9:17), BOLSA (36021).....	94
FOTO 14. COLECCIÓN DE CERÁMICA TRINCHERAS PÚRPURA SOBRE ROJO/CAFÉ, PROCEDENTE DE BAHÍA TEPOCA.....	112
FOTO 15. INSTRUMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL COLOR. ESPECTROCOLORÍMETRO _ RUBY_ LANCIC-IF-UNAM.....	117
FOTO 16. EQUIPO SANDRA (IMÁGENES DEL AUTOR) UTILIZADO PARA LA TOMA DE ESPECTROS DE FRX DE LOS 61 FRAGMENTOS.....	126

FOTO 17. LÁSERES ENFOCANDO EL PUNTO DE LA TOMA DEL ESPECTRO FRX EN LA MUESTRA 7 PROVENIENTE DEL SITIO (SON:E:13:10), SECTOR PAREDONES.....	126
FOTO 18. SOFTWARE AMPTEK PMCA EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS FRX DE UNA DE LAS MUESTRAS	127
FOTO 19. PROCESO DE TOMA DE LECTURAS DE FRX SOBRE EL PIGMENTO TRINCHERAS, CON EL EQUIPO SANDRA- LANCIC-IF-UNAM- 2018.	128
FOTO 20. DETALLE DE UNO DE LOS PUNTOS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS ESPECTROS FRX SOBRE EL PIGMENTO. MUESTRA 1.	129
FOTO 21. PUNTOS DE ANÁLISIS PARA FRAGMENTOS POLÍCROMOS (MUESTRA 45 TIPO ALTAR POLÍCROMO (SON:E:13:1)130	
FOTO 22. PUNTOS DE ANÁLISIS PARA FRAGMENTOS BICROMOS. (MUESTRA 43 TIPO TPR (SON:E:9:3)	130
FOTO 23. EQUIPO SEM/EDS EN LABORATORIO Y PROCESO DE BARRIDO EN MUESTRA 1, SITIO (SON:E:13:6)	136
FOTO 24. SE OBSERVA LA FORMACIÓN DE CARBONATOS QUE CAUSAN EL CRAQUELADO EN LA PINTURA. MUESTRA 1, SITIO (SON:E:13:6), BOLSA 36041.....	148
FOTO 25. SELECCIÓN DE REGIONES DE ANÁLISIS PARA MEDICIÓN DE FRX, OBTENIDA MEDIANTE MICROSCOPIO ÓPTICO. MUESTRA 3, SITIO (SON:E:13:6), BOLSA 36041	148
FOTO 26. MUESTRA 45. SITIO (SON:E:9:3), BOLSA (34129).GC "A" 50X.....	149
FOTO 28. MUESTRA 36. (CALERA-PASHES), BOLSA (73). GC "B" 50X	149
FOTO 27. MUESTRA 12. SITIO (SON:E:13:9), BOLSA (56560). GC"B" 100X	149
FOTO 29. VISUALIZACIÓN DE PIGMENTO "ESPECULAR". MUESTRA 4. SITIO (SON:E:13:1), BOLSA (35964). LA IMAGEN DE LA IZQUIERDA MUESTRA EL RECUBRIMIENTO EXPUESTO A LA LUZ POLARIZADA, Y A LA DERECHA, SIN ELLA A 50X AUMENTOS.....	150
FOTO 30. MUESTRA 17, SITIO (SON:E:13:11), BOLSA (56571) Y MUESTRA 48, SITIO (SON:E:9:3), BOLSA (56733) CON HUELLA DE PIGMENTO QUE PRESENTA DIRECCIONAMIENTO DE ARRASTRE CONSTANTE. SE DISTINGUEN "VALLES" Y "CRESTAS" GENERADAS POR UNA HERRAMIENTA A MANERA DE PINCEL O TEJIDO IMPREGNADO DE MATERIAL COLORANTE. OBTENIDA MEDIANTE MICROSCOPIO ÓPTICO A 50X.	150
FOTO 31. MUESTRA 11, SITIO (SON:E:13:1), BOLSA (36047) Y MUESTRA 58, SITIO (SON:E:9:3), BOLSA (34094), DONDE SE OBSERVAN LAS DISTINTAS DIMENSIONES DEL PINCEL UTILIZADO EN LA EJECUCIÓN DEL TRAZO DECORATIVO.	151
FOTO 32. TRAZOS LINEALES Y ENTRECruzADOS. MUESTRA 6, SITIO (SON:E:13:6), BOLSA (36041) Y A MANERA DE RED DE PESCAR. MUESTRA 46, SITIO (SON:E:9:17), BOLSA (36019).	152
FOTO 33. DISEÑO LINEAL PUENTADO DISCONTINUO. MUESTRA 47, SITIO (SON:E:9:17), BOLSA (36021).	152
FOTO 34. COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO DE LOS FRAGMENTOS 25 (PROVEEDORA) Y 61 (TANQUES).....	159
FOTO 35. MICROFOTOGRAFÍA SEM/EDS. MUESTRA 50 A X50	201
FOTO 36. MICROFOTOGRAFÍA EN MUESTRA 25 A X1.0k	203
FOTO 37 MICROFOTOGRAFÍA EN MUESTRA 5 X200 AUMENTOS	205
FOTO 38 MICROFOTOGRAFÍA, MUESTRA 36. AUMENTOS x50	206
FOTO 39 MICROFOTOGRAFÍA, EN ÁREA DE LA MUESTRA 4 X200.	208
FOTO 40 MICROFOTOGRAFÍA DE LA MUESTRA 27 A x50.....	209

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PROPUESTAS CRONOLÓGICAS SOBRE LA APARICIÓN DE LA CERÁMICA EN EL ÁREA ESTUDIO.....	31
TABLA 3. NÚMERO DE FRAGMENTOS DECORADOS POR SECTOR.....	92
TABLA 4. MUESTRAS GC "B" DE PIGMENTOS, QUE MUESTRAN RELACIÓN ENTRE COSTA Y TIERRA ADENTRO.....	170
TABLA 5 MUESTRAS QUE COINCIDEN ENTRE ENGOMBES Y PIGMENTOS.....	182
TABLA 6 MUESTRAS CORRESPONDIENTES A LOS TRES GRUPOS QUÍMICOS IDENTIFICADOS EN LAS PASTAS CERÁMICAS.....	195
TABLA 7. MUESTRAS SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS SEM	200
TABLA 8. CONCENTRACIÓN ELEMENTAL OBTENIDA EN PIGMENTOS, POR MEDIO DE ANÁLISIS PUNTUAL POR SEM/EDS, EN MUESTRAS DEL GC "A", "B" Y "C".	212

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo carga consigo, un inmenso agradecimiento a muchísimas personas que lo hicieron posible. En primera instancia agradezco a la junta del posgrado de Antropología perteneciente a la Facultad de Filosofía y Letras y al Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, por permitirme el ingreso a esta gran institución y brindarme su confianza y acompañamiento durante todo el proceso de formación académica y consolidación de la presente investigación. Agradezco a la beca de maestría otorgada por la Coordinación de Estudios de Posgrado (CEP) y por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Mi profunda gratitud al Dr. César Villalobos Acosta por acogerme ampliamente desde el principio, orientarme con su consejo y permitirme hacer parte del equipo que integró el "*Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora* (PAPIIT IA400816)". Con quienes tuve la oportunidad de viajar al enigmático norte y comprender que el estar en el desierto, significa dejarse abrazar por la inmensidad de intensos arreboles que descienden sobre la arena y la mar, aceptando lo minúsculos que son los pasos de quien intentan recorrerlo todo, sin encontrar la fuerza para volver siempre a empezar.

De la misma manera agradezco al Dr. Mauricio Obregón Cardona por su objetividad conceptual en cada comentario, y por impulsarme desde su ejemplo, dedicación y trayectoria a creer que es posible. A la Dra. Annick Daneels por su riguroso trabajo, calidez humana y solides académica con las que hizo viable un montón de ideas sueltas de sus alumnos. Compromiso que siempre mostró para con todos los miembros de la generación.

Agradezco la accesoria y acompañamiento permanentemente a nivel arqueométrico de la Dra. Edith Ortiz Díaz y el Dr. Alejandro Mitrani Viggiano. Sus comentarios y sugerencias me permitieron acotar los alcances y llevar a cabo la sinergia entre los procedimientos de laboratorio y la interpretación arqueológica de los datos. También agradezco las clases recibidas, el acceso al instrumental y asesoría brindada por el Dr. José Luis Ruvalcaba y Dr. Edgar Casanova del

Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) perteneciente al Instituto de Física UNAM.

Insisto que la suma de factores que hicieron posible este proyecto es una mezcla que rebasa la amistad, gestión y solidaridad de muchas personas. Hospitalidad y hermandad hicieron posible esta experiencia que, sin duda, trasciende el plano académico, para dejar en mí una huella imborrable.

Mi profundo agradecimiento a Rocío Gress, por enseñarme a honrar el fruto de todas las luchas que nos anteceden y brindarme su amistad. A Ximena Batista, Roberto González y el resto de parceros por su incondicional apoyo moral y el de sus familias durante mi estancia en este México lindo querido. A Döbereiner, Jeison, Pablo y Freddy, les agradezco su hermandad e incondicional apoyo desde la lejanía. Cada palabra y concejo me ayudó a guardar la calma y siempre continuar con este deseo. A Elesban y Alejandra por tolerar cada ocurrencia y brindarme toda su generosidad en cada momento.

Gracias a Patricia, Chantzio y Javier por abrigarme en su hogar, enseñarme y ayudarme tanto. A David, Maximiliano y Chava, agradezco su amistad y el permanente intercambio de ideas que nutrieron todos los planos de mi aprendizaje. A Bryan por todas sus recomendaciones bibliográficas y su confianza. Para Iván, Sebastián, Jorge y Giovanna, compañeros de viaje en esta locura, un abrazo por soportarme. A la generación 2018-I: Mayra, Bere, Yovana, Jesús, Gabriel, Jonatan, Manuel, Francisco y Miguel gracias los momentos compartidos. A todos ustedes colegas y amigos, les agradezco el trabajo en equipo y el respaldo incondicional que manifestaron durante estos años.

En mi corazón, el motorcito que son todos ustedes...mi familia. A mamá y papá, infinitas gracias por su sacrificio y amor. A Danna y Kathe por estar ahí, durante mi ausencia, ser tan fuertes y saber esperar. A Marthica y Henry por su incesante apoyo y constancia. Gracias Andrea y Juan Salvador por los caminos y la vida que se tejen. Al resto de mi familia por su valiosa compañía.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las sociedades contemporáneas, el pasado se nos ha narrado en blanco y negro. Quizás hayan sido los medios electrónicos audiovisuales desarrollados solo hasta la primera mitad del siglo XX, los encargados de sesgar la importancia que los colores han tenido en la naturaleza creativa del ser humano y retratarnos como simple, plana y ausente de color, la percepción sobre la cotidianidad de las personas en la antigüedad. Visto en imágenes, el pasado se observa desde la noción que proyecta una fotografía monocromática, mientras olvidamos que los restos arqueológicos pagan en parte el paso del tiempo con la pérdida de sus características iniciales, envejecen, entre otras cosas, perdiendo el color.

Las necesidades humanas están mediadas por diversos factores de orden biológico, social y cultural. En ello, la innovación siempre ha estado movida por el afán de dar respuesta a nuevas formas de hacer y de pensar. La adquisición del saber tecnológico responde a un proceso creativo donde la combinación de insumos y técnica se materializa en la creación de objetos que satisfacen ciertas necesidades prácticas y cognitivas al interior de conglomerados sociales específicos. La trasmisión y la reproducción de dicho saber tecnológico dentro de una comunidad, solo es posible por medio de la acumulación de experiencias previas, al refinamiento de un proceso manufacturero y al sustento dado por el engranaje social que soporta una actividad especializada.

La arqueología se dedica a comprender las distintas dimensiones contenidas en la materialidad del pasado y juega un papel decisivo en la explicación de la historia cultural de nuestro pasado a partir de dichos objetos. Desde los resultados de sus investigaciones y la divulgación de estos, se construyen discursos de carácter político, ideológico e identitario que tienen una amplia incidencia en las poblaciones actuales. La construcción de estas narrativas se hace a partir de datos que nos hablan de aspectos generales y/o puntuales sobre vestigios de cultura material y su relación con el comportamiento humano, el cual solo es posible reconstruir a partir del estudio detallado del contexto donde se recupera la evidencia *in situ*.

En la actualidad, ha cobrado gran relevancia el conocimiento construido a través del diálogo de saberes provenientes de disciplinas distantes. Este conocimiento interdisciplinario ha logrado avances significativos en la obtención de datos “duros”, útiles para el entendimiento de procesos culturales. Una manera de lograr esta información es a través del análisis arqueométrico de los contextos arqueológicos y directamente sobre los vestigios de cultura material.

Desde el estudio de la cultura material, los arqueólogos sabemos la importancia que la cerámica ocupa dentro del entendimiento de aspectos utilitarios que sirven como marcador cronológico, temporal y simbólico de las poblaciones que la crearon. Asimismo, la dispersión geográfica de la cerámica se ha entendido como expresión de posibles redes de interacción entre conglomerados humanos diferentes.

Sabemos que la fabricación de cerámica a veces incluye la participación masculina, pero mientras la técnica de manufactura es a mano (sin torno), fundamentalmente es una actividad llevada a cabo por mujeres. La transformación del barro hecha por la alfarera, en objetos dotados de propiedades, pasa por un proceso de toma de decisiones que muestran en sí mismas, algunas características particulares de cada individuo, las cuales son reflejo de *cadena operativa* y *elecciones culturales* específicas de la sociedad a la que perteneció (Lemonnier 1986, Hegmon 1998, Roux 2011, Chiykowski 2016) entre otros cuestionamientos relacionados con la materialidad (Chapman and Gaydarska 2007, Mills and Ferguson 2008, Knappett 2012).

El uso del color como mecanismo cultural en la comunicación de ideas, siempre se ha considerado dentro de los rasgos distintivos de nuestra especie; a través de éste, es posible representar imaginarios colectivos encargados de transmitir diversos sentimientos que forman parte de la identidad de un grupo (Pastoureau and Simonnet 2006, Ávila 2011, Chiykowski 2016). Si esto ha sido un rasgo distintivo de nuestra condición humana ¿por qué muchas veces olvidamos que, en la antigüedad, el color también fue determinante en la transmisión de ideas y creencias? ¿Por qué la elección de algunos colores es más importante que la de otros? ¿Cómo operan ciertos colores en el desarrollo de las prácticas sociales? ¿Bajo qué criterios se eligen? Son algunos cuestionamientos cuyas respuestas pueden encontrarse en informaciones etnográficas y otros

estudios sobre las pautas de transmisión de conocimientos artesanales entre poblaciones indígenas del pasado.

La identificación y estudio de una amplia variedad de materias primas (arcillas, desgrasantes y materiales colorantes) presentes en la cerámica, nos habla sobre la elección de materiales específicos, que permiten formular hipótesis sobre su utilidad y evaluar sus particularidades como logro tecnológico para la obtención de recipientes especialmente diseñados para satisfacer necesidades puntuales. A su vez, el análisis de dichos materiales nos brinda la posibilidad de evidenciar pautas culturales relacionadas con la elección, combinación y proporción de éstas.

Aquellas pautas culturales hacen referencia a conocimientos heredados, destinados a obtener propiedades específicas, que buscan suplir aspectos generales de uso social, tanto utilitarios de forma y función, como simbólicos de carácter identitario y ritual (Hegmon 1998). Documentar el proceso técnico en el uso de ciertas materias primas y los saberes tecnológicos asociados a la producción alfarera, nos permite comparar su rol en la consolidación de tradiciones culturales ligadas a un mismo saber manufacturero constante en el tiempo y con una amplia dispersión territorial.

Problema de investigación

La falta de implementación de técnicas arqueométricas en la caracterización y análisis microscópico de materiales arqueológicos, la ausencia de información sobre la procedencia de materias primas utilizadas en la antigüedad para la obtención de pigmentos y la prolongada desestimación académica del conocimiento alfarero desarrollado en las primeras sociedades semi-sedentarias ubicadas en el norte de México, genera que, hasta la fecha, exista poco conocimiento arqueológico sobre el procesamiento y transformación de materias primas, utilizadas en la obtención del color, presente en la cerámica pintada producida en las aldeas sedentarias del actual estado de Sonora durante la *fase Atil*, ubicada cronológicamente entre el siglo III y IX d.C.

El desconocimiento generalizado sobre el desarrollo técnico y tecnológico de la alfarería pintada, la escasa atención prestada a la procedencia y caracterización de fuentes de materia prima y su importancia a nivel utilitario,

comercial e ideológico, provoca vacíos en la comprensión de aspectos como la organización social, los modos de subsistencia y los patrones de movilidad en las llamadas sociedades “cazadoras-recolectoras” del noroeste de México. Aspectos importantes en el entendimiento sobre la historia cultural de la ocupación humana en la región.

El objetivo general de esta investigación, es demostrar la importancia operativa de los saberes asociados a la adquisición y transformación de materias primas utilizadas en la elaboración de cerámica pintada, como parte de la consolidación de tradiciones manufactureras locales y estrategias de integración regional presente en las primeras formas de vida aldeana documentadas en el noroeste de Sonora por medio del uso y consumo de cerámica pintada, en sitios costeros, claves para su reproducción social.

Los objetivos específicos son: 1) la caracterización elemental de los materiales colorantes utilizados para la obtención de pigmento “púrpura”. 2) Identificación de aspectos diagnósticos sobre la técnica y la tecnología desarrollada para obtención y fijación del pigmento “púrpura” diagnóstico en la cerámica del tipo “*Trincheras Púrpura sobre Rojo*”.

Esta investigación se apoya en la aplicación de técnicas arqueométricas derivadas de la ciencia de los materiales. Para lograr la caracterización elemental del color, se usó fluorescencia de rayos x (FRX) y microscopía electrónica de barrido SEM/EDS (por sus siglas en inglés, Scanning Electron Microscopy/*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*), en una muestra representativa de cerámica decorada (61 fragmentos), lo cual, con la ayuda de estadística multivariada, permitió asociar la composición elemental del pigmento, con una distribución geográfica, que correspondería a por lo menos dos firmas composicionales diferentes entre sí. Esto, sugiere la existencia de conocimientos técnicos y tecnológicos compartidos a nivel regional e interacción diferencial entre sectores de ocupación por medio de cierta cerámica pintada.

Sin estudios previos en el área de estudio que incluyan este tipo de protocolo analítico para evaluar la diversidad pictórica presente en la alfarería de la fase Atil (200-800 d.C.), la pregunta de investigación que orientó la presente tesis consistió en indagar sobre si: *¿Existen diferencias técnicas y tecnológicas*

en la cerámica pintada, producida entre las primeras aldeas sedentarias que frecuentaban la costa central de Sonora durante la fase Atil (200-800 d.C.)?

En el presente caso de estudio, se consideró importante definir la receta pictórica utilizada por las alfareras, pertenecientes a la tradición cultural denominada *Trincheras*, como inicio para comprender las pautas generales en la elección de ciertos materiales colorantes inorgánicos que, combinados en cierta proporción y modo de preparación, darían como resultado un color particular, susceptible a ser rastreado a nivel regional. El argumento se basa en la hipótesis que la receta pictórica presenta un importante marcador temporal, al interior de dicha tipología cerámica.

Estudios arqueológicos previos llevados a cabo en el área de estudio, han evidenciado que, durante la fase Atil, un mismo grupo cultural se encuentra habitando amplios sectores geográficos que conforman su territorio. Ello permite abordar sus materiales de manera comparativa, con el fin de evaluar la distribución de conocimientos específicos sobre la elaboración de cerámica pintada.

Se infiere que el conocimiento sobre la combinación y preparación de determinados “ingredientes” fue transmitido de tal manera que, bajo el umbral de una aceptación cultural compartida, materias primas de fuentes específicas deberían ser procesadas bajo un procedimiento de preparación homogéneo y estandarizado, convirtiéndose en una práctica técnica poco variable a través del tiempo.

En consecuencias, hipotéticamente se consideró que, si dicha receta pictórica se mantenía en el tiempo y espacio, tuvo características muy homogéneas (bien sea a nivel de sitio o región), y que por lo tanto era posible que indicase no solo un proceso de estandarización del color, emanada de una forma particular de hacer y pensar de un grupo social, sino también, la recurrente utilización discreta de una fuente geológica de materiales colorantes común en el área de estudio.

Por el contrario, si el estudio del color de una misma tipología cerámica (*Trincheras Púrpura sobre Rojo*) arrojara una marcada heterogeneidad con respecto a las características químicas entre los pigmentos (la receta pictórica)

aplicados como decoración de ciertos recipientes hallados en contextos específicos (sitios costeros), se podría buscar explicaciones sobre las causas de esta diversidad en la composición elemental del material colorante utilizado, pues se considera que diferentes maneras de lograr el color, podrían corresponder a un marcador distintivo, entre diferentes comunidades que habitan un mismo territorio.

El conocimiento necesario para la transformación de materias primas (inorgánicas), en pigmentos “púrpura” (locales o foráneos), sumado a la tecnología utilizada para la fijación del color en ciertas formas cerámicas específicas, permite dar cuenta de la formación de segmentos de la población encargados de la elaboración esporádica de cerámica pintada. Factor determinante en la integración cultural entre poblaciones de tierra adentro y grupos establecidos en las costas.

Sin embargo, se asume que la cerámica utilitaria solo se usa para realizar actividades domésticas diarias, fundamentalmente destinadas a contener, transportar, servir y transformar alimentos sólidos y líquidos. En consecuencia es probable que la fabricación de estos recipientes se realice utilizando fuentes de arcilla cercanas a los sitios donde se usaron y fueron localizados posteriormente (Rice 2015). Así, la ubicación general de una fuente de producción puede reconstruirse a partir de la distribución espacial de la cerámica con huellas químicas similares (Pollard, Batt et al. 2007).

Si esta hipótesis fuera aplicable al área de la costa central de Sonora, la existencia de múltiples fuentes de arcilla para la cerámica utilitaria podría implicar un nivel de producción a la escala de la unidad doméstica con múltiples fuentes locales de materia prima utilizadas libremente por los habitantes de los diferentes sitios. Sin embargo, poco se ha estudiado sobre la naturaleza cultural de prácticas decorativas con pigmento sobre cerámica, en poblaciones con un alto grado de movilidad. Igualmente, si la cerámica decorada *Trincheras púrpura sobre rojo* recolectada en la costa, por ejemplo, poseyera una composición característica entre cada sector, podría sugerir la existencia de nexos directos entre sectores concretos.

Caracterizar el pigmento presente en fragmentos cerámicos, permitió identificar “huellas” químicas similares y su distribución espacial en el área de estudio. Así, se logró postular algunos posibles espacios donde se compartía la receta pictórica. Asimismo, algunos fragmentos cuentan con firmas químicas diferentes a los grupos composicionales identificados. Estos se pueden considerar como valores atípicos, elaborados con materias primas alternativas o radicalmente diferentes, lo cual sugiere traslados de recipientes elaborados con materiales atípicos, desde ubicaciones distantes. Los múltiples escenarios que puede mostrar el análisis de las “firmas geoquímicas” en la cerámica permitirán plantear diversos modos de interacción en el área durante la fase Atil. Tales escenarios son propicios para tender nuevas vías de interpretación a escala regional.

Se aportan datos concretos a la discusión sobre las técnicas alfareras presente en este tipo de sociedades con alto grado de movilidad. Se destaca a su vez, la relevancia de vincular enfoques transdisciplinarios que permitan comprender aspectos desconocidos de la materialidad producida por las poblaciones humanas en los inicios del proceso de sedentarización regional.

Organización de los capítulos

En el capítulo uno, se inicia con una contextualización general sobre la importancia de los colorantes de origen mineral, se menciona la importancia a nivel utilitario y simbólico de los pigmentos rojos refiriendo algunos hallazgos y se señalan algunos casos de estudio en donde la utilización de técnicas arqueométricas permitió análisis comparativos sobre sus contextos de explotación y uso. Deteniéndonos un poco en el interés por el estudio de la cerámica pintada, se aborda teóricamente la *Antropológica de la Tecnología* bajo el enfoque de la *cadena operativa*, para comprender aspectos de la elaboración alfarera.

Para el capítulo dos se hace una descripción geográfica y ambiental del área de estudio en donde se mencionan las principales características ecosistémicas del mismo, haciendo énfasis en la relación entre paisaje y asentamiento humano. Posteriormente se realiza un recuento sobre la historia cultural de la región, haciendo un repaso de la trayectoria dejada por los principales investigadores que han abordado la clasificación cerámica en la

región. Al mismo tiempo se genera una discusión sobre las definiciones tipológicas usadas en la cerámica pintada.

En el capítulo tres, se describen los sitios y materiales seleccionados para comprobar la hipótesis, incluyendo sus coordenadas, su ubicación en el paisaje y el tipo de material seleccionado en cada uno, conforme a los datos obtenidos, por el equipo de trabajo coordinado por el Dr. César Villalobos, durante la ejecución del *“Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora (PAPIIT IA400816)”*. Adicionalmente este capítulo se nutre de materiales cerámicos provenientes de La Proveedora, sitio enigmático ubicado en el noroeste de Sonora, recolectados en el marco del *“Proyecto Arqueológico de Manifestaciones Rupestres en La Proveedora, Sonora, México”* (Villalobos 2003).

Durante el capítulo cuatro se explica detalladamente la metodología seguida para en la selección de muestras y el protocolo de técnicas arqueométricas, en donde se enuncian algunas especificidades técnicas de cada instrumento, junto con sus alcances y limitaciones en la caracterización elemental sobre soportes cerámicos. Se justifica la selección de la estadística multivariada para el tratamiento de los datos cualitativos y semicuantitativos obtenidos.

El capítulo cinco presenta los resultados de la investigación arqueométrica, junto con la respectiva interpretación del cruce entre el conjunto de datos. Estos sirvieron para identificar desde especificidades microscópicas, las firmas químicas que diferencian posibles recetas pictóricas diferentes y la dispersión geográfica de estas.

Posteriormente el capítulo seis incluye la discusión y las conclusiones al tiempo que plantea la problemática de investigación y la pregunta que orientó la misma, sobre los materiales para los pigmentos en cerámica decorada, a la luz de los resultados obtenidos y su posible explicación por medio del marco teórico interpretativo planteado en el capítulo uno.

**CAPÍTULO I: COLOR EN LA PREHISTORIA Y
LAS VASIJAS COMO MATERIALIDAD DE UN
MUNDO DE COLORES**

Tierras rojas como sustrato de la experiencia humana

Las sociedades humanas construyen las características del color, dependiendo de influencias culturales creadas o infundadas directa o indirectamente al interior de sus estructuras de cohesión social. Integran a partir de la experiencia fenomenológica, una paleta de colores específica a su visión del mundo, que varía según la región del planeta y el momento en el tiempo (Watts 2009). La presencia de lugares y su alusión a materiales colorantes, es mencionada frecuentemente en distintas mitológicas indígenas; en ellas, el color rojo aparece dotado de significados asociados a la renovación de la vida, el color de la sangre y los ciclos de sol (amanecer y atardecer) y de nacimiento y muerte (Salas 2017). Las tierras rojas fueron identificadas y nombradas en el paisaje no solo por sus características visuales, si no también, por atributos de carácter cosmológicos adquiridos por medio de prácticas sociales que rodean la obtención y extracción de materias primas tales como la tradición oral, las danzas y fiestas entre otras prácticas rituales.

El uso este color es tan antiguo como la existencia misma de nuestra especie. Creemos que el pigmento le otorga una suerte de vitalidad a los objetos y las figuras que lo portan. Tenemos nociones de ello, gracias al estudio de las representaciones de pintura parietal (pintura rupestre sobre roca) en cavernas y paneles en todo el mundo. Extensa literatura refiere el uso recurrente de estos materiales colorantes en contextos arqueológicos y etnográficos a través del tiempo (Wright 2010, Álvarez 2012, Salazar, Salinas et al. 2013, Cortell 2016).

La utilización de óxidos de hierro para obtener el color rojo es muy antigua. Este compuesto mineral (Fe_2O_3) probablemente se remonta a homínidos anatómicamente anteriores al *Homo Sapiens*, ubicados en África hace por lo menos unos 100.000 – 75 000 AP, durante la denominada *Middle Stone Age* (Cortell 2016). Sin embargo, la fecha más antigua hasta el momento asociada al uso de óxidos de hierro es de ca. 40.000 AP (Beaumont 1973) y fue recuperada en la Cueva del León-Suazilandia, un pequeño país al sur de África (citado en Salazar, Salinas et al. 2013).

Existe una gran cantidad de óxidos de hierro que pueden ser diversos dependiendo de la matriz geológica en donde se encuentren, los más utilizados

y vistosos son goethitas, hematitas, limonitas, magnetitas, etc. Pueden formarse bajo distintas condiciones en casi todos los lugares de la tierra. Cada uno de estos óxidos, posee una coloración relativamente característica que van de tonos marrones oscuros, amarillos y rojos intensos, lo cual ha sido atractivo para las poblaciones humanas de diferentes temporalidades y contextos geográficos, quienes coinciden en darle a estas sustancias, usos y significados similares. Por lo tanto se estima que el uso temprano de estos pigmentos podría ser un marcador de afiliación cultural importante entre los grupos humanos (Masson 1986).

En Sonora, las investigaciones en el sitio “La Playa” lograron datar un contexto funerario para el año 1350 ± 49 a.C. en donde un individuo masculino se encontró flexionado y como ofrenda le fue puesta en su espalda, un cubo de mineral colorante rojo correspondiente a hematita. Esto muestra la estrecha relación que la gente del desierto ha construido con este tipo de materiales desde épocas tempranas (Carpenter, Wartson et al. 2012).

Rojo, de sus connotaciones y algunos usos culturales

El carácter polifuncional de los materiales colorantes es tan amplio como la multiplicidad de contextos en donde se reporta su uso. Para entender la dimensión del vínculo de estos minerales con el desarrollo de las relaciones humanas, solo basta con echarle una mirada a la vastísima información disponible, en innumerables investigaciones, donde han referenciado su uso funcional y simbólico, en múltiples contextos (Cortell 2016)

Aquello que se denomina pigmento, sustancias colorantes u ocre, alude en la literatura arqueológica a todos aquellos materiales de naturaleza heterogénea, los cuales pueden tratarse de sedimentos terrosos como limos o arcillas, pedazos de mineral en roca, vegetales, sangre, carbón, cenizas, que cuentan con la propiedad de colorear superficies sólidas. Su caracterización en contexto arqueológicos ha sido respaldada desde los años 1930 por distintos análisis fisicoquímicos que han ayudado a comprender la variabilidad de su composición, las proporciones en las mezclas de preparación y en algunos casos la posible procedencia de estos (Masson 1986, Cornell and Schwertmann 2003, Gosselain

and Livingstone 2005, Uda, Demortier et al. 2005, Rice 2015, Frère, González et al. 2016, Hunt 2017, Siddall 2018).

La versatilidad química de los pigmentos minerales para adherirse a las superficies y el ser poco atractivo para la colonización de agentes biológicos - uno de los causantes del deterioro de los objetos- los convierten en un elemento perdurable al paso del tiempo, lo cual ha estimulado su utilización en múltiples aspectos de la vida material de las personas, sus creencias y las maneras de relacionarse frente a los otros y el territorio que habitan. Algunas de las utilidades funcionales de los óxidos de hierro documentadas en el ámbito arqueológico son, por ejemplo, su empleo en el proceso de curtir pieles e impermeabilizar maderas en estructuras, a fin de prevenir la aparición de parásitos (Audouin and Plisson 1982), también como adherente en enmangaduras para herramientas y proyectiles líticos (Watts 2009, Álvarez 2012) e incluso su uso puede estar relacionado a la conservación de alimentos, como lo demuestran algunos contextos paleolíticos (Roebroeks, Sier et al. 2012, Cortell 2016)

Por ejemplo, pintarse el cuerpo, sigue siendo una práctica cultural vigente. El uso de tierras rojas sobre la piel ha sido reportado etnográficamente en todos los continentes y aunque en el registro arqueológico es difícil determinar este aspecto, existen representaciones figurativas antropomorfas decoradas con pintura corporal elaboradas en cerámica, pintura mural y rupestre, bajo relieves, madera, piedra y metales los cuales muestra personas con decoraciones pigmentarias en sus cuerpos (Florescano 2019). Su uso se define como polifuncional, en tanto que su aplicación como protección de la piel contra la exposición al sol, contra los fuertes vientos secos en las regiones áridas como el norte de África, las estepas mongolas de Asia, así como los desiertos australes de Sur América y por supuesto, en el Noroeste/Suroeste de México y EEUU. Aunque también es usado en las regiones tropicales en contra de la picadura de insectos y hasta para curar quemaduras y úlceras tiene un uso práctico, además es reconocido como un fuerte marcador identitario cargado de diferentes simbolismos en casi todo el planeta (Siddall 2018).

Existen infinidad de diseños decorativos y de mezclas pigmentarias, realizadas por hombres, mujeres, infantes y ancianos de ambos sexos, para quienes aplicar estos minerales sobre sus cuerpos y rostros está

estrechamente ligado a códigos y contextos sociales específicos involucrados en aspectos calendáricos y locativos que hacen parte de su universo cosmogónico (Pacheco 2012). Las prácticas rituales involucran diferentes sustancias, entre ellas, las sustancias colorantes que son utilizadas en distintas circunstancias, como pueden ser la guerra y la cacería. Los ritos de paso asociados a la vida, pubertad, adultez y muerte, también se involucran con el tema de la pintura facial. Estados de ánimo como la felicidad, la vergüenza o el luto también se expresan usando pigmentos, al igual que condiciones maritales y de consanguinidad como ser madre, abuela, hija/o, viuda/o, soltera/o, etc. asimismo son representadas a través del uso de la pintura corporal (Cortell 2016).

Existe una gran cantidad de objetos arqueológicos en madera, piedra, hueso en donde el color rojo, tuvo su protagonismo. Restos de minerales colorantes han sido referenciados en contexto domésticos en distintas épocas; en ambientes áridos se han podido conservar materiales como cestería y textiles, cuyo uso o decoración se involucra con este tipo de materiales y pigmentación. La milenaria civilización egipcia, le confirió una enorme cantidad de usos a los óxidos de hierro. Entre los más curiosos se encuentra la utilización en la elaboración de cosméticos, e incluso, como medicina. Se conoce de la existencia de textos con escritura jeroglífica que incluyen recetas para la preparación de medicamentos para distintas dolencias, en donde el amplio término de “tierras rojas” es referido. De la misma manera, estudios etnográficos en África, Australia, Asia y referencias etnohistóricas en nuestro continente señalan que su uso ha sido generalizado en la curación de heridas en el cuerpo, al mezclarse con otras sustancias orgánicas, su composición es potencialmente antiséptico y astringente (Watts 2009, Salazar, Salinas et al. 2013, Cortell 2016, Siddall 2018, Vázquez de Ágredos, Manzanilla et al. 2018).

La observación de este fenómeno en poblaciones actuales y en los vestigios arqueológicos, son hechos que se han teorizado desde diferentes concepciones filosóficas, extensas e imposibles abarcar en este trabajo. En suma, nos invitan a reflexionar sobre los usos culturales del color, los cuales abarcan todo un campo de asociaciones y de codificaciones sociales. Producción, circulación y recepción de los objetos decorados con color, son entendidos en función de su contexto relacional, más que puntualmente en el

objeto *per se*. Fuerzas vitales pueden residir en ser humanos, animales en vegetales y en algunos minerales (Ávila 2011). Hay sociedades que consideraban que dichas fuerzas vitales, tienen el poder de controlar aspectos de la vida, la muerte, fenómenos de la naturaleza etc., poseían voluntad y capacidad de agenciar positiva o negativamente.

Uno de los casos más emblemáticos, se ha documentado en el norte de Australia, donde Nicolas Paterson y Ronald J. Lampert (1985) hacen un estudio antropológico enfocado en la tecnología minera. Reportan que la comunidad nómada *Warlpiri*, realizaba explotación de óxido de hierro. La extracción de dicho material tenía diversos propósitos, en su mayoría de carácter ritual. Los investigadores mencionan las técnicas y estructuras operativas empleadas en la extracción, así como su proceso de molienda en el exterior de las minas y los criterios culturales para la eliminación de impurezas (Paterson and Lampert 1985). El proceso continuaba al mezclar dichos sustratos minerales con agua para formar “panes” de ocre, proceso que agilizaba su transporte y almacenamiento.

Dicho estudio etnográfico, fue pionero en la materia y permitió dimensionar todos los procesos y connotaciones simbólicas implícitas no solo en el uso del color sino también en la organización de dicha actividad extractiva, al interior de grupos humanos con alta movilidad. El procesamiento de los materiales colorantes y su importancia en las consolidación de redes comerciales, la mitología asociada a dicha actividad, la división social del trabajo y el control político e ideológico sobre el acceso ciertos materiales (Paterson and Lampert 1985).

Las creencias sobre los lugares llevan a la práctica de rituales relacionados con la obtención y tratamiento de ciertos materiales. En este sentido cazar, pescar, talar árboles, extraer piedras y metales eran actividades que confrontaban fuerzas, las cuales permanecían en estos materiales como esencia vital. Por consiguiente, estos materiales, y las fuerzas contenidas en ellos, seguían teniendo presencia en los objetos creados con ellas. De esta manera, los objetos estaban vivos, podían ver, respirar y oler (Sillar 2009, Siddall 2018).

Algunas sociedades consideran que ciertos objetos son el hogar de alguna deidad y por ende se podían enojar, tener sed o hambre y establecer comunicación con las personas. Es por esto que las relaciones establecidas con los materiales y los objetos terminados, se basaba en las reacciones que estos seres animados podrían tener ante distintas situaciones. Desde este punto de vista, podemos aceptar que existen vínculos entrañables entre la gente y los objetos; y entre la gente a través de los objetos a partir de creencias que muchas veces distan de comportamientos tecnicistas que deciden la escogencias de materiales o técnicas en función de la optimización de recursos, tiempo o inversión energética (Ávila 2011, Blasco 2016)

Estructura y extracción de materiales colorantes en un paisaje dinámico, algunos antecedentes de investigación.

En la literatura arqueológica se ha llamado “ocre”, a cualquier material colorante con tonalidades que van del rojo al amarillo, generalmente asociada a la elaboración de arte rupestre, contextos funerarios u otro tipo de manifestaciones decoraciones registradas en contextos arqueológicos (Cortell 2016). El término “ocre”, ha sido empleado genéricamente, sin preocuparse por ahondar en su plena identificación química. Por lo general se refiere a uno de los compuestos químicos más abundante en la tierra, a saber, hierro y oxígeno (Fe_2O_3) trióxido de hierro, el cual tiene un aspecto rojizo. Entre los óxidos de hierro más utilizados están la, hematita y la limonita. Aunque más difícil de conseguir que los minerales de hierro, el color rojo también se obtiene del cinabrio (HgS), un sulfuro de mercurio proveniente de zonas volcánicas y que es altamente tóxico para el ser humano, pero ideal en la conservación de ciertos compuestos orgánicos, como los restos óseos (Ejarque 2017). Otra fuente puede ser los óxidos de manganeso, que, mezclados con hueso y/o carbón, adquieren la tonalidad del negro (Cornell and Schwertmann 2003)

El estudio de los lugares de extracción de materiales colorantes, permite dimensionar una serie de aspectos relevantes para la comprensión de los procesos organizativos en torno a la producción, las cadenas operativas involucradas en el proceso de elaboración de los pigmentos, las redes de interacción entre distintas regiones, así como el cambio tecnológico de

herramientas y demás objetos en donde el color fue determinante para darle sentido a sus creencias y enfrentar cambios en los patrones de subsistencia a lo largo del tiempo. De ahí la importancia de entender las tradiciones alfareras a partir de la comprensión de aquellos factores culturales que inciden en la estabilidad y cambio en las mismas.

Actualmente se realizan bastantes esfuerzos para descifrar la procedencia de estos materiales, en contextos de consumo, pero se conoce poco sobre su extracción y procesamiento (Duff, Habicht-Mauche et al. 2017, Siddall 2018). Investigaciones relacionadas con la identificación de fuentes de materiales colorantes, cuentan con el apoyo tanto de estudios arqueométricos como de análisis geológicos que ayudan a orientar la ubicación de los posibles sitios de extracción de las materias primas (Mejía and Herrera 2013, Salazar, Salinas et al. 2013, Sepúlveda, Gallardo et al. 2019). En estos lugares, los arqueólogos han identificado contextos de trabajo en diferentes grados especialización destinados a la extracción y el procesamiento de materiales colorantes. Pese a la importancia antropológica de entender las dinámicas que se gestan en los lugares de extracciones de materias primas, en el mundo se conocen realmente pocos sitios de minas arqueológicas relacionadas con la extracción de pigmentos. Mencionaremos algunos de ellos.

Investigaciones realizadas en Europa, sobre estos mismos materiales recuperados en forma de concreciones y nódulos, al interior de contextos paleolíticos, demuestran que la obtención de dichas materias primas no simplemente implicaba la extracción *in situ* en perfiles o sedimentos hallados de manera natural en la geología aledaña y visible a los asentamientos humanos. Por el contrario, se ha demostrado a través de diferentes estudios de arqueología experimental (Masson 1986, Schiffer and Skibo 1987, Hegmon and Kulow 2005, Álvarez 2012, Klumpp 2013), que la búsqueda de materiales colorantes implicó una permanente alquimia a partir de la mezcla de tierras y arcillas ricas en óxidos e hidróxidos de hierro, goethitas, hematitas, limonitas y demás minerales, que fueron sometidos a la acción directa del fuego a temperaturas controladas y posteriormente aglutinadas con materiales orgánicos (grasas y resinas animales/vegetales) que ayudaban a obtener propiedades ópticas (tonalidad y luminosidad) que culturalmente eran aceptadas dentro de lenguaje plástico

común, por lo menos, esto ha sido comprobada al detalle en el caso del arte parietal (Cornell and Schwertmann 2003, Álvarez 2012, Siddall 2018).

En América tenemos varios ejemplos importantes. A continuación, solo se mencionan brevemente aquellos en donde las técnicas arqueométricas han brindado nuevas perspectivas. En el oeste de Estados Unidos se han usado distintas técnicas analíticas para reconstruir estrategias de producción e intercambio de cerámica y, a su vez, para modelar procesos locales, regionales e interregionales de interacción socioeconómica, migración, comunidad y formación de identidad por medio del uso y explotación de materiales colorantes (Duff, Habicht-Mauche et al. 2017).

América del Norte

Ejemplos recientes en la materia son de E.U. El primero es en la cuenca del río Gila en Arizona, una de las regiones más estudiadas a nivel arqueológico del mundo; allí, se han realizado estudios extensos sobre pastas y pigmentos por técnicas de activación neutrónica (INAA) y petrografía, especialmente con las cerámicas del área Hohokam. En este caso, Sunday Eiselt (2011) ha logrado ubicar la procedencia de los materiales colorantes presentes en cerámica a lo largo del arroyos y sectores específicos del río Gila, demostrando la utilización de las mismas fuentes a lo largo de distintos momentos en el tiempo y los posibles cambios tecnológicos que se produjeron durante el procesamiento de dichos materiales al ser transformados en pigmento; además proponen una metodología para el muestreo a nivel regional basándose en información etnográfica y arqueométrica (Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011).

El segundo es un estudio importante para entender el comportamiento ritual hacia los minerales de color, su explotación y consumo entre los primeros pobladores del continente. Trata del sitio "*Powars II*", ubicado en el estado de Wyoming, asociado a una mina de ocre, en cuyo interior se han podido recuperar una gran cantidad de herramientas líticas relacionadas con la tecnología Clovis. El sitio tiene una antigüedad de por los menos 10.000 AP y es clave para acercarnos al comportamiento ritual relacionado con el color ocre y la tecnología lítica empleada en la cacería de megafauna (Frison, Zeimens et al. 2018). Puesto que estudios de procedencia han logrado determinar que las puntas

Clovis, no corresponden a la región de su hallazgo y se encuentran con huellas de uso y deterioro, se cree que fueron depositadas en la mina de ocre, después de ser utilizadas en la caza.

Mesoamérica

El área mesoamericana cuenta con numerosos casos bien documentados tanto de extracción de minerales colorantes, como de su utilización en distintos usos a nivel arqueológico y etnográfico. Impresionantes paneles pintados de múltiples colores han guardado testimonio del extraordinario universo cosmogónico en distintas sociedades, al tiempo que exhibe la tecnología del color plasmada en la rica paleta de pigmentos utilizados en ello. Los usos a nivel funerario del color también son recurrentes en distintas regiones y temporalidades (Ejarque 2017).

Las sociedades prehispánicas que ocuparon el territorio de la actual república mexicana cuentan con un profundo desarrollo temporal y tecnológico en cuanto al manejo del color. Resumir la cantidad de hallazgos y alusiones al tema, no es objeto de esta investigación, por lo tanto, me limitaré a hacer mención de algunos ejemplos en donde el uso de técnicas arqueométricas ha sido útil. Los mayores adelantos al respecto se relacionan a la extracción, procesamiento, intercambio, uso y concepciones culturales alrededor de los pigmentos como el “azul maya” y las tierras de colores dispuestas como pigmento en arte rupestre, pintura mural, códices y en decoración cerámica.

Aunque el azul no es tema central de esta investigación, cabe notar su importancia a nivel histórico, tanto por su simbolismo, como por los avances investigativos que dicha tonalidad ha inspirado desde hace casi un siglo. El desarrollo de las ciencias de los materiales, ha permitido su estudio a cabalidad a fin de replicar su tecnología e incidir en el área de la conservación del patrimonio cultural (Sánchez del Río, Reyes Valerio et al. 2006). Hoy podemos decir que el azul maya, es considerado uno de los primeros materiales artificiales más duraderos y estables creado por el ser humano, pues el logro tecnológico que implicó, la mezcla de sustancias orgánicas (*índigo o añil*) al interior de un filossilicato de aluminio y magnesio presente en un tipo de arcilla especial (*palygorskita o atapulgita*), lleva consigo implícita toda una serie de procesos

complejos en su elaboración. El cuidado en la temperatura y las proporciones en la mezcla para su obtención final, lo eleva a la categórica de material compuesto bajo un proceso químico a nivel nanotecnológico que garantiza su resistencia a factores que inciden en su deterioro (Sánchez, Cocoltzi et al. 2017).

En el caso de las tierras rojas, se sabe sobre aspectos relacionados con su explotación, procesamiento e intercambio a nivel regional. Son innumerables los casos en donde se ha reportado su uso como ajuar mortuario y como enlucido en fachadas de los grandes edificios del periodo Clásico tanto en la zona maya como en Teotihuacán (López 2017). Sin embargo, destacan evidencias de su explotación pretérita del cinabrio en minas de la sierra gorda de Querétaro, en donde además de identificar vetas y comprobar su uso en cerámica y contexto funerarios, se conoce sobre las condiciones de vida de las poblaciones que se dedicaba a la explotación minera. Se demuestra el impacto en la salud humana por medio de huellas de estrés ocupacional y diferentes patrones de desgaste asociado a dicha actividad, al igual que la aparición de enfermedades cutáneas presentes en los individuos debido al consumo de agua contaminada con metales pesados (Mejía and Herrera 2013). Demostrando de esta manera, las distintas dimensiones a nivel antropológico que tiene el estudio de estos materiales en la antigüedad.

Es importante destacar el apoyo de técnicas arqueométricas en esta empresa. Ingentes cantidades de información ha sido recuperada de la ciudad de Teotihuacán desde hace más de un siglo de investigaciones arqueológicas; desde el inicio resaltó la utilización masiva de colorantes en estructuras y una amplia variedad de objetos. El color rojo en especial, parte integral de la cotidianidad, fue un lenguaje visual omnipresente entre las personas (Dupey 2004). En las últimas décadas, el estudio físico químico ha podido detectar materiales colorantes elaborados con un alto grado de desarrollo técnico, hecho por especialistas que dominaban las propiedades de las materias primas y las mezclas en determinadas proporciones para obtener atributos como la resistencia al calor, la humedad o sencillamente para destacar visualmente.

Los estudios realizados con muestras provenientes del barrio Teopancazco atestiguan mezclas de minerales como la mica, pirita cuarzo, feldespatos entre otros materiales con propiedades ópticas y con connotaciones

simbólicas, fueron parte integral de la paleta cromática de dicho barrio. La comparación de estas tecnológicas, entre materiales recuperados en diferentes sectores de la ciudad, atestigua el carácter multicultural de esta, ya que se encuentran diferencias en las recetas pictóricas de manera sincrónica, lo cual hace pensar en las implicaciones identitarias que tiene el “saber hacer”, y los conocimientos en juego durante cada paso de la *cadena operativa* para su elaboración, y obtención; la procedencia de materias primas analizadas en pintura mural y estucos demuestra que las fuentes se encontraban a distancias lejanas, como Veracruz y Oaxaca (Vázquez de Ágredos, Manzanilla et al. 2018).

América del Sur

Otras minas de explotación prehispánica estudiadas se encuentran al sur del continente. En los actuales países de Perú, Chile y Argentina se llevan a cabo con éxito investigaciones para establecer procedencia de materiales colorantes, modos de producción y relaciones de intercambio a corta y larga distancia. Tal es el caso de la “Mina Primavera” al sur del Perú en la región de Nazca, datada para el primer milenio de nuestra era, en donde la sociedad Wari desarrolló una extracción sistemática de óxido de hierro (hematita) utilizada en diferentes objetos como los textiles, las cerámicas y en decoración de sepulturas. En este lugar, Kevin Vaughn (2013) y su equipo de trabajo han logrado idéntica cambios en el patrón de uso del lugar, técnicas en la elaboración de la lítica asociadas a su explotación, así como una cantidad de objetos de carácter ritual (flautas, figurillas, cerámica decorada) dejados como ofrenda en el lugar. Estos elementos indican que, la extracción de estos materiales colorantes se efectuaba no solo con tecnología lítica especializada para tal fin, sino que también se guardaba un profundo respeto al lugar, el cual era objeto de culto (Vaughn, Van Gijseghem et al. 2013).

El desierto de Atacama en Chile reviste un especial interese en el uso del color puesto que allí se ha reportado el uso de estos minerales colorantes desde hace miles de años. Durante el periodo arcaico 7000-3500 AP, sociedades complejas de cazadores recolectores pescadores denominadas “Chinchorro”, desarrollaron procedimientos mortuorios en donde el uso del color era fundamental. Los estudios realizados por Marcela Sepúlveda (2015), han

demostrado por medio de estudios arqueométricos (FRX y SEM) que los recubrimientos de color que acompañan a algunos de los cuerpos momificados más antiguos del mundo (7000-3500 AP), corresponden a una elaborada combinación de mezclas de arcillas, óxidos de hierro y otros minerales ajenos a la costa. Ello permite entre ver, el grado tecnológico en la conformación de recetas destinadas a la obtención de sustancias colorantes para preservar materiales orgánicos y su profunda connotación simbólica al estar dispuestas sobre individuos a los que se les trató con sumo cuidado durante rituales de paso, que eran motivo de integración grupal (Sepúlveda, Arriaza et al. 2015).

Por demás, dicha región es rica en minerales como el cobre, la plata y tierras raras. Las minas “*El Condor*” (Sepúlveda, Gallardo et al. 2019) y “*San Ramos 15*” (Salazar, Salinas et al. 2013) son buenos ejemplos de ello, en tanto abarcan una evidencia de explotación y uso de óxidos desde hace por lo menos 8000 años de antigüedad en el desierto de Arica. En la primera mina, se descubrieron objetos arqueológicos de la región, cuyos recubrimientos pictóricos, probablemente fueron extraídos de esta. Objetos foráneos (cerámica), recuperados en el área de la mina, muestran la existencia de redes de intercambio a gran escala. Comprueban la existencia del control político en la explotación de esta, que restringía su acceso a otros grupos. En la mina “*San Ramos 2015*”, se evidencian cambios en la esfera técnica y tecnología empleadas durante el arcaico tardío (5500-3500 AP); la ocupación del sitio sugiere que la actividad minera formó parte de una profunda tradición que integraba prácticas ceremoniales alrededor de la extracción, procesamiento y utilización de materiales (Salazar, Salinas et al. 2013).

Otro ejemplo interesante, es el estudio realizado por María Frère sobre la cerámica decorada en sociedades cazadoras recolectoras- pescadoras en la desembocadura del río Salado en la provincia de Buenos Aires- Argentina. Estos materiales cerámicos han sido datados en el primer milenio de nuestra era, y muestran indicios en el transporte de materiales colorantes utilizados como decoración. A partir del análisis arqueométricos y petrográficos, esta investigadora logra establecer la recurrencia de pigmentos obtenidos de hematitas provenientes de sectores ubicados a cientos de kilómetros de los lugares de consumo (Frère, González et al. 2016).

Buscando emular los procedimientos seguidos por las alfareras que realizaron dicha cerámica, la autora hace una serie de trabajo en arqueología experimental, que la llevan a describir con mayor exactitud los pasos seguidos durante la cadena operatoria vinculada a la obtención de recubrimientos en color rojo. Además, la comparación regional de formas y acabados le permitió establecer patrones de uso y desgaste en determinados recipientes. Los aportes de dicha investigación fueron importantes para conocer la tecnología alfarera desarrollada en sociedades nómadas que aprovechaban cíclicamente un mismo entorno lacustre para el aprovechamiento de recursos obtenidos en la confluencia entre el mar y el río (Frère 2016, Frère, González et al. 2016).

El interés por la cerámica pintada en el desierto de Sonora, algunos antecedentes de estudio

Si bien es cierto que, reviste especial importancia para contextualizar la presente investigación en un panorama general que mencione los avances académicos encaminados a recolectar información, explorar metodologías de análisis, evaluar hipótesis y comprobar la relevancia de modelos teóricos que ofrecen explicaciones sobre el uso del color en sociedades del pasado; considero importante empezar reconociendo el valor que tiene la curiosidad dentro de la investigación. Me refiero a la curiosidad que despiertan algunas particularidades estéticas que visualmente aun hoy conservan los materiales arqueológicos con los que trabajamos. En este sentido, algunos tiestos del tipo “Trincheras púrpura sobre rojo” tienen recubrimientos de color con propiedades especulares, producido por las pequeñas partículas con reflejos plateados, que contrastan sobre las superficies del engobe o el cuerpo mismo del barro crudo. Han llamado la atención de quienes han hecho extenuantes esfuerzos por clasificarlos, subdividirlos y adjudicarles una identidad y adscribirlos a una familia tipológica a lo largo del tiempo.

Esta capacidad de asombro que despiertan las particularidades ópticas de algunos materiales colorantes ha jugado un papel importante en la creación de tipologías cerámicas. En este caso, los estudios interesados en determinar aspectos iconográficos, caracterizar el color y entender la relación existente en la tecnología alfarera, la interacción cultural y el paisaje a partir del análisis de

cerámica decorada, son bastantes alrededor del mundo (Feller 1986, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011, Centeno, Williams et al. 2012, Evans and Lail 2015, Blasco 2016, Siddall 2018). Existen, en la actualidad, importantes corrientes epistemológicas interesadas en comprender en el pigmento y la decoración estilística aspectos relacionados con la importancia sociocultural en la innovación iconográfica en términos de la cohesión simbólica e ideológica al interior de las sociedades del pasado (Cortell 2016, Frère 2016).

La historia de estas investigaciones sobre el color en cerámica, a través varios momentos y tiene, como era de esperarse, varios protagonistas. En el caso de nuestra región de estudio, las investigaciones más relevantes inician a finales de los años 1920, cuando la antropóloga y arqueóloga estadounidense, Florence M. Hawley Ellis se interesa por la clasificación y descripción química y mineralógica de las superficies decoradas en miles de fragmentos recuperados en la cuenca del río Gila-Arizona (Hawley 1929). También son claves, los estudios de la Dra. Anna O. Shepard (1956), quien realizó las primeras comparaciones de pastas cerámicas en Suroeste de EEUU por medio de análisis petrográficos. Esta última se interesó mucho por la decoración cerámica, lo cual la llevó a realizar estudios de espectroscopia óptica con lo que fue pionera en el análisis químico del pigmento conocido como “azul maya” (Shepard 1956).

Regresando a la primera, la Dra. Hawley fue una mujer pionera en muchas investigaciones en el suroeste de Estados Unidos, entre las que se destacan la implementación de métodos de datación como la dendrocronología, la seriación cerámica, periodización estratigráfica y diferentes excavaciones en sitios arqueológicos de Nuevo México y Arizona. Sus aportes sobre el entendimiento de las tecnologías alfareras son el primer antecedente directo en la región, sobre la problemática que nos reúne en la presente investigación. Sus trabajos de campo la llevaron a conocer directamente la labor que realizaban las últimas mujeres alfareras Hopi y Zuni descendientes de los “Indios Pueblo” que habitan la cuenca alta y media del río Gila-Arizona (Babcock and Parezo 1988). De ellas aprende y consigna en documentos etnográficos, aspectos interesantes sobre la obtención de recetas pictóricas para la elaboración de pigmentos orgánicos e inorgánicos para pintar en recipientes cerámicos (Hawley 1930). Es necesario recordar y nunca negar que esta información, aunque proveniente de

poblaciones muy tardías, son útiles en el establecimiento de analogías y en la formulación de preguntas sobre las transformaciones tecnológicas del color a través del tiempo en la macro región del Suroeste (E.U) / Noroeste (México).

Ella establece una serie de protocolos para la toma de muestras de pintura, así como de pruebas químicas básicas para determinar el origen orgánico o inorgánico del color; sobre todo se interesa por el negro de manganeso (MnO_2) y el negro de carbón y hueso usado para la fabricación de cerámicas con aspecto de vidriado. La formación etnográfica de la Dra. Hawley le permitió hacer descripciones detalladas sobre la elaboración de recipientes, la obtención de acabados pulidos y alisados, proponiendo paralelos entre las alfareras actuales y las opciones técnicas que las antiguas alfareras tomaron al momento de obtener, mezclar y aplicar los pigmentos minerales y vegetales sobre los recipientes terminados.

Ella no solo describe las formas y grosores de los recipientes elaborados hasta principios de siglo XX, sino también de aquellas herramientas implicadas en la elaboración de estos. Maceradores para mezclar pigmentos minerales, fragmentos de calabaza seca y tiestos rotos para alisar superficies, pinceles fabricados con fibras de “yuca”, entre otros detalles etnográficos importantes para reconstruir la cadena operativa en la fabricación de estos objetos cerámicos. Al respecto menciona por ejemplo que:

“(...) Tanto los Hopi como los Zuni frotan un pequeño bloque de hematita sobre una piedra hasta que se separa suficiente óxido de hierro, para que la solución sea tan espesa como una salsa. La pintura se aplica a la cerámica con pinceles hechos triturando las fibras de un extremo de un trozo de hoja de yuca de aproximadamente tres pulgadas de largo” (Hawley, 1929, p. 738)

Sobre el proceso de combustión, enuncia la forma contemporánea de efectuar la “quema”, por medio de la utilización de hornos con formas “modernas” es decir, hechos en forma cilíndrica con ladrillo cocido, donde el combustible principal es el estiércol de oveja. Destaca en este punto, la importancia de la combustión de las maderas resinosas y otros extractos y gomas de cortezas que, al ser ungidas sobre los recipientes acabados, logran un efecto de brillo y vidriado sobre la pieza al final de la cocción. La ubicación de las piezas al interior

de la pira u horno, en la obtención del acabado final de los objetos también es importante y es mencionado por dicha autora.

Analiza la pintura negra sobre blanco y realiza una de las primeras descripciones sobre las fuentes de materiales, enunciando las características plásticas y el color de los barro usados por las alfareras contemporáneas. Y señala la relación existente entre la absorción de las arcillas y la adhesión de mezclas pigmentarias sobre la superficie de los recipientes, es decir, la importancia de la preparación del engobe dentro la cerámica decorada. También, es la primera en postular que, “*la persistencia de una tonalidad en la decoración de recipientes cerámicos pintados puede indicar las relaciones existentes entre diferentes grupos humanos y sus vínculos a lo largo del tiempo*” (Hawley, 1929, p. 735). Esta idea perdurará en el tiempo y guiará investigaciones que buscaron aportar conocimiento por medio del estudio químico comparativo de la decoración en cerámica (Hegmon and Kulow 2005, Ferguson, Van Keuren et al. 2015).

Además, indaga sobre los procedimientos llevados a cabo en poblaciones contemporáneas, para delimitar algunas posibilidades técnicas a la hora de crear efectos visuales y acabados especiales sobre las superficies de cerámica decoradas. Por ejemplo, el vidriado observado en las cerámicas Hohokam, fue estudiado desde esta óptica experimental, siguiendo el conocimiento de pocos ceramistas locales que aun existían. A partir de sus observaciones, Hawley genera una lista de plantas y maderas resinosas con propiedades tintóreas, aglutinantes y fundentes utilizadas en diferentes fases del proceso de cocción y fijación del color presente en recipientes decorados (Hawley 1929).

Se dedica a efectuar una serie de pruebas químicas con ácido sulfúrico (H_2SO_4) en las que, a través de reacciones en el cambio de la tonalidad y la dilación de color, demuestra la utilización de compuestos orgánicos sobre el pigmento. Esto le permite establecer un paralelo sobre lo observado etnográficamente y la evidencia sobre el material arqueológico. Un interesante ejemplo es el tratamiento que se realizaba con la flor de “*Guaco*” o “*planta de abeja*” *Cleome serrulata*, sobre la cual señala un interesante dato:

“Las mujeres arrancan las pequeñas plantas alrededor de marzo, las secan y las almacenan para el futuro. Cuando se va a hacer pintura negra, las plantas se hierven en agua durante varias horas, se eliminan las partes fibrosas y la solución se hierve nuevamente hasta que se vuelve negra, espesa y almibarada. (...) Una pequeña cantidad de este material negro duro, (...) se disuelve en un poco de agua en un metate pequeño (...) Este extracto vegetal contiene dos sustancias muy diferentes, la materia orgánica, que se compone principalmente de carbono e hidrógeno y, por lo tanto, es totalmente combustible, y la materia mineral que se quema en cenizas -de ciertos árboles-. Los principales constituyentes de esta ceniza son el carbonato de sodio y el carbonato de potasio; ambos son álcali que actúan de manera similar en estas reacciones de pintura. Los constituyentes menores de las cenizas son sílice y cal.” (Hawley, 1929, p. 738)

Como hemos visto, el trabajo de esta investigadora será fundamental en el desarrollo de distintos trabajos en la gran cuenca de noroeste de México /suroeste de EEUU. Aunque destructivos en sus inicios, este tipo de análisis químicos fueron fundamentales para refinar permanente las técnicas fisicoquímicas utilizadas en esta empresa. El conocimiento sobre las propiedades de las materias primas implicadas en la cita anterior, son un importante dato de referencia al momento de identificar similitudes entre recetas pictóricas y establecer grupos que orienten preguntas relacionadas con la temporalidad junto con la procedencia de los fragmentos decorados. Dicho sea de paso, Hawley refiere que la adhesión del manganeso en la receta pictórica podría estar relacionado con las propiedades de la arcilla sobre la que aplica el recubrimiento pictórico. Esto también se ha observado en la cerámica Trincheras.

Al mismo tiempo, lleva a considerar que los antecedentes sobre el estudio de la cerámica decorada en la región, ha contado con una serie de trabajos sólidos que orientan el desarrollo metodológico e instrumental durante todo el siglo XX (Heidke and Habicht 1998, Eerkens, Neff et al. 2002, Glascock, Neff et al. 2004, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011). La mayoría de estos análisis microscópicos sobre pinturas se centran en la definición de modos específicos de producción local o "recetas de pictóricas", que, a su vez, han permitido a los investigadores "rastrear" el movimiento de las tradiciones tecnológicas, y

probablemente las mismas alfareras, a través del dinámico y cambiante paisaje prehispánico del Sudoeste de EEUU (Duff, Habicht-Mauche et al. 2017).

La referencia hacia la tonalidad del pigmento y las particularidades ópticas que estos producen, son logros tecnológicos cuyo proceso de obtención atravesó por la exploración de materiales en medio de la constante experimentación de mezclas, combustibles, fundentes y manejo de temperaturas. Construcciones culturales sobre el valor de uso y significado de los minerales; la textura, estructura y color, resistente o deleznable son atributos que guiaron la curiosidad y despertaron la creatividad humana hecha color, conocimientos heredados entre alfareras que compartían algún tipo de adscripción cultural al interior de la sociedad trincheras. Ciertamente la obtención de minerales ha marcado la historia antigua y actual del desierto sonorense.

El análisis comparativo de fragmentos de cerámica arqueológica recolectados por Hawley en la cuenca media del río Gila, hacen pensar a la autora en una explicación para el uso generalizado de pigmento con tonalidades entre el negro, el rojo y el púrpura que están elaborados a base de la fusión entre óxidos de hierro /carbón vegetal y manganeso. En este sentido propone que, el uso diferencial de pigmentación se puede atribuir a razones cronológicas entre los diferentes sitios (Hawley, 1929, p. 745). Aunque la autora no desarrolla la idea a profundidad, es un hecho relevante que después de casi cien años de extensa investigación en el área, sus preguntas aun sigan sin responderse a cabalidad y sean aún, perfectamente aplicables a regiones y temporalidades diferentes a las que ella propuso en un inicio. De ahí la importancia de referir sus importantes contribuciones, en esta investigación.

Los objetos cerámicos como portadores de color

El color está presente en todo lo que pensamos. No existen recuerdos sin color, ni lugares, ni comidas, ni personas. El color hace parte integral de nuestra existencia, de nuestra experiencia vital. Lo es incluso, en todos los aspectos de la materialidad que nos rodea, su presencia en la *cerámica arqueológica* es omnipresente y su importancia ha sido, obviada en muchos aspectos. Desde el momento mismo en el que la alfarera imagina un objeto, ya tiene color. Para darle forma a esa imagen mental, se requieren una serie de pasos (no siempre

estructurados bajo una sistematicidad rígida) los cuales tiene como objetivo, la obtención de un objeto que cumpla con varios criterios de orden cultural. Se contemplan desde esa fase previa las dimensiones que tendrá, el peso, la forma y en principio una utilidad o funcionalidad puntual y por supuesto el color. Las rutas cognitivas para concretar este acto creativo, depende de muchos factores que van desde, el género, pasan por la edad y atraviesan distintos grados de experticia adquirida por la alfarera, hasta el universo cosmogónico que la identifica. Cada uno de esos pasos, pueden ser analizados en cierto grado desde la perspectiva que ofrece el enfoque de la *cadena operativa*.

Los pigmentos de los que se está haciendo mención, fueron elaborados fundamentalmente a partir de polvo molido proveniente de minerales ricos en hierro (Fe), cuya base de preparación incluye una matriz arcillosa roja por oxidación rica en minerales de silicio (Si) y aluminio (Al) que fueron diluidos en agua. Estos materiales fueron mezclados con alguna otra sustancia (puede ser de origen orgánico) rica en potasio (K) la cual le permitió adherirse a la superficie cerámica. Por su carácter inorgánico, los pigmentos son resistentes al calor de la cocción y se usaron como decoración tanto en recipientes domésticos de servicio y decorativos.

Regresando al color, es importante señalar que, en la tecnología alfarera la selección de materias primas inicia por categorías de orden cromático. Como bien lo señala la literatura etnoarqueológica al respecto, las minas o vetas de barro son reconocidas por la alfarera o un grupo social determinado, a partir de categorías de color, y son refinadas posteriormente por criterios más amplios que incluyen las propiedades físicas de las arcillas, (plasticidad, textura, resistencia al calor, permeabilidad, etc.) (Masson 1986, Álvarez 2012, Klumpp 2013, Salazar, Salinas et al. 2013).

Las propiedades de una u otra arcilla, son complementadas culturalmente por decisiones tomadas por la alfarera al momento de agregar desgrasantes que también son seleccionados por cualidades como la dureza, el tamaño de grano, etc. Son comunes las mezclas entre diferentes arcillas y desgrasantes, que cumplen un papel medular en la fabricación de recipientes cerámicos destinados a cumplir funciones utilitarias y al momento de obtener en ellos, colores y

consistencias específicas (Schiffer and Skibo 1987, Gosselain 1992, Burton and Simon 1996, Hegmon 1998, Gosselain and Livingstone 2005, Klumpp 2013).

Como ya se ha mencionado, el uso de pigmento presupone una serie de pasos ligados a su extracción y posterior tratamiento sobre distintos soportes. Durante este proceso, las observaciones etnográficas brindan la posibilidad de dimensionar su importancia a nivel de la organización de las labores, por género (Sugiura 1990). Por ejemplo, en el área Andina, Dean Arnold (1998) comenta que los hombres sí participan activamente en la elaboración de cerámica. Son quienes se encargan de la obtención de las arcillas, y algunos participan en el modelado. Aunque advierte que, en las decoraciones, son únicamente las mujeres quienes aplican pigmentos para formar diseños o poner incisiones, escisiones. En pocas palabras, son ellas quienes dan vida y manipulan el objeto acabado, dando los toques finales al pulir y bruñir antes de la cocción. Esta última tarea, la cocción es efectuada por los hombres, pero vigilada por las mujeres (Arnold 1998).

La aparición de la cerámica en el desierto sonorense

Existe un modelo para entender el proceso de consolidación de la alfarería, el cual ha sido comúnmente aceptado en la región. Se trata del *modelo de producción* propuesto por James M. Heidke y Judith Habicht-Mauche (1998) según el cual, el origen, difusión y desarrollo de la alfarería en el noroeste/suroeste, se divide en tres episodios diferentes. Los trabajos realizados por estos investigadores se enfocan en comparar evidencias en la cuenca del río Tucson y el río Santa Cruz en el vecino estado de Arizona que les permite proponer un modelo de producción de cerámica a nivel regional, dividido en tres fases diferentes para entender el desarrollo alfarero regional (Heidke and Habicht 1998).

El primer episodio es ubicado hacia el final del periodo arcaico (1200 a.C.-150 d.C.) y es conocido en el suroeste/ noroeste como fase San Pedro. Para este periodo es posible identificar el uso extendido de cerámica y de actividades agrícolas. Dicha fase está marcada por la aparición de objetos de carácter ornamental tales como figurillas y cuentas de collar asociadas probablemente a un comportamiento exclusivamente ritual.

Mientras que el segundo episodio (150 d.C.-500/550 d.C.) se define por la existencia de un patrón de subsistencia que indica básicamente el aumento en la sedentarización de las poblaciones humanas. Allí se destaca la rápida adopción de cerámica utilitaria, tales como ollas y tecomates de dimensiones heterogéneas, pero con formas destinadas principalmente al almacenaje con modelados y acabados similares entre sí, generalmente cuentan con decoraciones monocromas. Sobre estas características tecnológicas, Heidke (1993) sugiere entre otras cosas que, en buena parte del noroeste/suroeste, la cerámica lisa documentada para el periodo de agricultura temprana (400 a.C. - 150 d.C.) posee algunos patrones de elaboración diferenciales, cuya técnica de manufactura por enrollado es relacionada con la elaboración de canastos en cestería, los cuales emulan formas de la naturaleza como calabazas silvestres y otras jícaras encontradas en el sur de Arizona y norte de México (Heidke 1993).

En un tercer episodio (500/550-700 d.C.), ya existe una amplia diversidad de formas y recipientes, cuya existencia es probablemente asimilada como una "*expresión simbólica e intercambio de información*" a través de la creación de decoraciones policromas específicas sobre recipientes con formas previamente establecidas y consolidadas a través del tiempo, las cuales pudieron atar fuertes lazos identitarios, simbólicos y económicos (Heidke and Habicht 1998).

El modelo propuesto por Heidke y Habicht, sigue estando vigente para algunas regiones del desierto, aunque se reconoce que la falta de investigaciones en otros sitios con evidencia de agricultura temprana no es suficiente para entender este fenómeno de una manera más amplia a nivel regional. Los tres momentos mencionados, enmarcan diferentes fenómenos culturales importantes de movimientos poblacionales de personas e ideas. Esta situación debe ser entendida como un flujo de comunicación, población y materiales entre distintos territorios específicos del noroeste/ suroeste (Villalobos 2018).

Esta investigación, es importante mencionar que se interesa por conocer los fenómenos ocurridos durante al segundo episodio dentro de la propuesta de Heidke y Habicht y se guía en el marco-cronocultural utilizado por Randall McGuire y Elisa Villalpando (1993) para entender los materiales arqueológicos documentados en el Valle de Altar-Sonora. Especialmente durante la fase Atil

200-800d.C. Es desde esta fase que existe un conjunto diagnóstico de materiales Trincheras en donde destaca la cerámica manufacturada por enrollado y raspado interno decorada con pintura de color -denominada tradicionalmente como *púrpura*- plasmada sobre el cuerpo rojo de la vasija y una cerámica lisa (McGuire and Villalpando 1993).

Cronología Cerámica en el área Trincheras			
Autores	Heidke y Habicht 1998	McGuire & Villalpando, 1993	Bowen, 1976
Nombre	Episodio II	Fase Atil	Estadío II
Cronología	200-500 d.C.	200-800 d.C.	200-800 d.C.
Descripción	<p><i>La revolución de los contenedores.</i> Forma común: Olla Uso deliberado de desgrasantes locales de arena. Variedad restringida de formas (Tecomates, seed jar) Mejor conocimiento tecnológico sobre arcillas y desgrasantes Mayor laboriosidad en el acabado Control en la cocción Cerámica Café Monocroma para almacenaje de productos agrícolas.</p>	<p>Cerámica trincheras Lisa 1 y Trincheras Púrpura sobre rojo con Hematita especular Técnica: enrollado y raspado interno Asentamiento en pequeñas aldeas de casas semisubterráneas o "pit house".</p>	<p>Desarrollo en el interior y en la costa con aparición de Aldeas sedentarias. Cerámica Trinchera púrpura sobre café y otras cerámicas burdas locales en sitios costeros con presencia de concha sin modificaciones. Recursos marinos reemplazan cacería. Cerámica costera es producción local y la tecnología lítica es de tipo San Pedro-Cochise</p>

Tabla 1. Propuestas cronológicas sobre la aparición de la cerámica en el área estudio.

También existe un conjunto distintivo de artefactos de molienda como maceradores, morteros y metates utilizados para el procesamiento de semillas y cultígenos como el maíz y el agave, que dan cuenta de patrones de subsistencias relacionados con la agricultura (Villalpando & McGuire, 2009, p. 298). Los sitios cerámicos más tempranos de la fase Atil son aldeas con casas semi subterráneas llamadas *pit-houses*, poco profundas y con evidencia de inhumaciones por cremación en su interior, parecidas a las reportadas para el área Hohokam (Villalpando and McGuire 2009). Sin embargo, no existen similitudes entre las sociedades del valle de Altar y los de la cultura Hohokam en otros aspectos claves, como la cerámica. En el valle de Altar los sitios de esta fase y carecen de elementos diagnósticos como los juegos de pelota, los incensarios y las paletas de piedra (McGuire & Villalpando, 1993).

Postulados teóricos sobre el estudio de la alfarería arqueológica ¿Quién, cómo y porqué se elabora?

Existen varios autores que han buscado explicar los procesos culturales involucrados en la fabricación, uso, consumo, distribución, desecho y significado simbólico y social de la cerámica arqueológica (Schiffer 1999, Hegmon and Kulow 2005, Mills and Ferguson 2008, Chiykowski 2016). En la década de 1960 la “*Ecología Cerámica*” propuesta por Frederick Matson buscaba vincular la producción cerámica con el medio ambiente (físico, biológico y sociocultural), entendiéndola como un medio para un fin específico, la fabricación únicamente de recipientes. Un fin práctico y meramente utilitario conllevaría a una forma de adaptación material, reflejo del estadio cultural de cada sociedad (Matson 1965). Posteriormente, esta definición fue cambiando, mientras se hacían observaciones de la variabilidad en modos de producción alfarera en sociedades contemporáneas alrededor del mundo (Tite 2008).

El desarrollo del enfoque etnoarqueológico brindó la posibilidad de plantear hipótesis y proponer explicaciones sobre aspectos tecnológicos y simbólicos observados en el registro arqueológicos; basándose en analogías con un fuerte componente etnográfico. Dichas observaciones, replantearon la manera en que la tecnología alfarera era entendida, al demostrar que los rasgos tecnológicos describen solo una parte del proceso de fabricación de recipientes; el cual es resultado de una dinámica en la que, tanto las limitaciones intrínsecas de la materia prima y factores de carácter simbólico, solo puede ser entendidos dentro de su propio contexto social y cultural (Hegmon 1998).

Haciendo una revisión de los principales autores que han abordado la importancia de las tecnologías alfareras, la transmisión del conocimiento y la transformación de materias primas (Schiffer 1995, Sillar 2000, Hegmon and Kulow 2005, Pollard. A. M. 2007, Rice 2015), todos concuerdan en que la cerámica, al ser el vestigio de cultura material más abundante en los sitios arqueológicos, es el que con mayor frecuencia ha brindado información crono-cultural. Este vestigio se ha empleado para realizar aproximaciones demográficas, ha dado evidencia de contactos interculturales y es (estadísticamente) el material más

utilizado por la arqueometría para aplicar sus técnicas de análisis (Eerkens, Neff et al. 2002).

Michael Tite (2008) explica que, pese a que en principio la arqueometría busca una amalgama disciplinar entre conocimientos técnicos específicos y el empleo de equipos tecnológicos de laboratorio, con el bagaje antropológico sobre los distintos procesos culturales de la especie humana, ambas se esfuerzan en *“contribuir a la reconstrucción de su ciclo de vida desde la producción, uso, distribución, y luego ayudar en la interpretación de este ciclo de vida en términos del comportamiento de las personas involucradas”* (Tite 2008), todos los autores insisten en la importancia en el uso de estas técnicas, como un apoyo, una herramienta anexa a nuestras interpretaciones, no como un fin en sí mismas.

Para lograrlo, metodológicamente estos autores señalan una serie de pasos para la obtención de información que ayuda a responder aspectos relacionados con la procedencia de los materiales y el proceso técnico llevado a cabo por la alfarera. El primer paso consiste en determinar las características *elementales* de las materias primas (*procedencia*) y establecer algunos parámetros sobre el proceso técnico y tecnológico que involucró la preparación de la pasta. Posteriormente describir el proceso de manufactura de los recipientes para entender la diversidad de formas, el tratamiento de superficie, el tipo de decoración y los acabados finales (*proceso técnico*), aspectos útiles para comprender los cambios o procesos culturales de larga duración.

Dichas descripciones macroscópicas, se logran por medio de la observación detallada de cada fragmento cerámico que integra la colección. Aunque en algunos casos, la consulta de fuentes etnográficas ayuda a contemplar un panorama amplio sobre dichas técnicas manufactureras que, aunque no se relacionen directamente con la muestra arqueológica, sí puede ayudar a contrastar el cambio entre tradiciones alfareras en una misma región a través del tiempo.

En las últimas décadas han tomado fuerza los estudios sobre cerámica que hacen esfuerzos por integrar datos físico-químicos, con información obtenida a partir de la observación de la realidad etnográfica (Cantin and Mayor 2017).

Tanto Rice (2015, p.141), como Tite (2008, p. 217), y Skibo (2013. p.6), coinciden en postular que la mejor manera de abordar el estudio funcional de la cerámica, es mediante tres frentes: la experimentación (Schiffer 1995), la etnoarqueología (Sugiura 1990) y la ciencia de los materiales (Tite 2008).

El interés arqueológico por entender a las personas que están detrás de la fabricación de la cerámica ha atravesado diferentes etapas en el desarrollo teórico y metodológico. En los años sesenta y setentas, la corriente autodenominada como "nueva arqueología", trajo consigo la idea de que tal vez el estilo alfarero también podría usarse para inferir mucho más sobre una sociedad pasada, incluidas la organización social (Skibo 2013). Pronto estas iniciativas se enfrentaron a la dificultad de no saber cómo se fabricaba, usaba y depositaba la cerámica. Es ahí donde surge la necesidad de refinar la observación etnográfica de los contextos alfareros actuales, y entenderlos no solo como fuente de analogías para explicar el material arqueológico, sino para crear modelos sobre la fabricación, uso y desecho de cerámica que luego sirva a los arqueólogos interesados en las relaciones existentes entre la cerámica, sus fabricantes y los usuarios (Williams 2005).

En este caso para la determinación de la importancia de color púrpura desarrollado por las sociedades Trincheras que habitaron las costas de Sonora entre el 200- 900 d.C. (Villalobos 2016), se buscó aplicar algunos preceptos propuestos en el "*enfoque de la historial de vida basado en el funcionamiento*" (Skibo 2013) el cual se inserta en un enfoque procesualista que se divide en cuatro componentes: 1) historia de la vida / cadena de comportamiento, 2) actividades e interacciones, 3) opciones técnicas y 4) características de funcionamiento y compromisos. La presente investigación, hondará sobre el tercer punto (3), ya que buena parte de la muestra de cerámica se analizó por medio de técnicas arqueométricas que brindaron información crucial sobre la composición elemental del tipo de materiales elegidos, es decir, una "*opción técnica*" dirigida por la alfarera al momento de fabricar el recipiente.

Observo, siento y elijo para poder hacer

La toma de decisiones por parte de un alfarero durante la fabricación de un recipiente cerámico, son "*elecciones técnicas*" que determinan las propiedades

formales (tamaño, forma, características de la pasta, color, etc.). La elección de los desgrasantes, el tipo de modelado, la decoración y la cocción están integradas a un “*contexto situacional*”. Otros factores materiales que determinan la elección tecnológica son el ambiente natural, el sistema y el conocimiento tecnológico. Es decir, si una alfarera agrega mucho desgrasante de arena para aumentar la resistencia al choque térmico de una olla (una característica principal de rendimiento para ollas de cocción), aumenta la porosidad del recipiente, por lo que no será impermeable para almacenar agua (Güeto 2005, Tite 2008, Santacreu 2014).

Por mucho tiempo, la cerámica utilitaria fue clasificada arqueológicamente mediante criterios estéticos basados en su aspecto visual. La idea de que existen tipos cerámicos “feos” porque su uso es desechable fue generalizada. Pero diferentes experimentos han demostrado que sus características estructurales de textura, dureza y color en realidad están relacionadas con el rendimiento de recipientes destinados a funciones específicas de cocción y resistencia ante el choque térmico que supone la explosión al fuego (Skibo 2013). Evitar el agrietamiento y la aparición de microfracturas es crucial para evitar que el recipiente se rompa sobre el fuego, el contenido se pierda y el fuego se apague; esto se logra agregando el tipo y la cantidad adecuada de material empleado como desgrasante. El recubrimiento también juega un papel importante en ello.

La parte técnica durante el proceso de elaboración de un recipiente decorado implica considerar las variables que posibilitan la cocción de objetos sin riesgo de quebrarse. Para tal fin, se requieren varias capas de engobe aplicadas en distintas fases de secado del recipiente. Esto permite que los recubrimientos puedan ser bien adheridos a la pasta, mientras pierden el exceso de agua gracias a su evaporación por el sol y el viento. Lograr que la aplicación de estos recubrimientos sea firme sobre la superficie del recipiente y no se desprenda en las subsecuentes fases del proceso de elaboración y uso de la vasija, implicó en el caso de las cerámicas de la cultura Trincheras incorporar a las mezclas pictóricas materiales colorantes ricos en contenido de hierro (Albero 2011).

Aparte de las cualidades tecnofuncionales de ciertas arcillas o materiales colorantes y las ventajas en la preparación de mezclas entre unos y otros para

mejorar sus propiedades, pueden existir criterios tecnológicos de selección amplios que posibilitan o restringen su uso a partir de un significado cultural determinado. Algunos autores refieren que los límites tecnológicos de una tradición alfarera, resultan de límites de orden social. Es decir, si bien es cierto que existe limitaciones técnicas propias de algunos materiales y las condiciones ambientales para su obtención pueden ser significativas al momento de crear un objeto, las inmensas alternativas de recursividad que genera el conocimiento cultural son igualmente significativas y determinantes para definir elecciones técnicas particulares (Gosselain and Livingstone 2005).

Al respecto, los estudios etnoarqueológicos señalan que, por ejemplo la selección del color de ciertas arcillas y las fuentes de obtención para desgrasantes, están relacionados con aspectos simbólicos, identitarios y hasta lingüísticos (Tite 2008, Roux 2011, Cantin and Mayor 2017). Por ejemplo, las sociedades que manipularon constantemente materiales colorantes son portadoras de conocimientos puntuales sobre ellas que viabilizan su obtención, determinan la aplicación de ciertos tratamientos y su posterior aplicación por medio de técnicas específicas sobre distintos soportes. En este sentido, Pierre Lemonnier (1986) comenta que la elección de materiales apropiados para la elaboración de cerámica pasa por el conocimiento adquirido y/o heredado por una alfarera, la cual conoce las propiedades de plasticidad y la tasa de secado de las arcillas, pero también la selección minuciosa del desgrasante y método de elaboración del recipiente los cuales pueden tener algún significado cultural, o pueden expresar algún aspecto de identidad grupal o social (Lemonnier 1986).

Darle forma a la arcilla demanda una serie de conocimientos técnicos que están determinados en parte por la habilidad y experiencia del alfarero, pero también por las características de plasticidad, tasa de secado y contracción del barro utilizado influyen en el resultado final. El alfarero puede tomar una decisión derivativa para reducir la permeabilidad, como agregar un tratamiento de superficie específico. En este caso, bruñir o pulir la superficie exterior o incluso “raspar” el interior, tiene su efecto en el desempeño funcional del recipiente. Todos estos pasos operativos, son el resultado de la articulación consciente del alfarero entre materias primas, elecciones técnicas, gestos y conocimientos específicos los cuales son diagnósticos de una serie de condiciones sociales y

conocimientos culturales significativos materializados en un fragmento cerámico (Lemonnier 1986, Prudence 2015, Roux 2019).

Antropología de la técnica, resumen de un enfoque

La elaboración de piezas cerámicas pasa por una serie de procedimientos que implican distintos tipos elecciones realizadas por el alfarero. La antropología de los *sistemas tecnológicos* es un enfoque propuesto en Francia desde los años cuarenta por André Leroi-Gourhan, para comprender, cómo y por qué están hechos los objetos creados por el ser humano. Leroi-Gourhan (1965), realizó observaciones etnográficas y analizó varios aspectos culturales que se encierran en los distintos pasos que se realizan durante la elaboración de los objetos, poniendo especial interés en el *gesto-técnico* para su ejecución, creando de esta manera toda una corriente teórica y metodológica que retomaba algunas líneas argumentativas expuestas por Marcel Mauss en su texto etnológico sobre "*técnicas del cuerpo*" (1936), en donde la observación de los oficios y actividades llevadas a cabo con el cuerpo, sugerían marcadas diferencias en el *ethos* de las personas (Mauss 1936, Leroi-Gourhan 1965).

Todos los pasos involucrados en dicha elaboración han sido conceptualizados dentro de un esquema teórico denominado *chaîne opératoire*, un término francés que significa "*cadena de operaciones*" desarrollado por Leroi Gourhan (1965). Esta lente antropológica centra su atención en componentes como: la materia (incluido el cuerpo humano, con sus respectivas técnicas); la energía y los gestos, es decir, los "procesos tecnológicos", compuestos por "operaciones y sub-operaciones", derivadas de un "conocimiento específico" adquirido culturalmente, que constituye determinada "representación social", con el fin comprender aspectos de la organización social y el sistema tecnológico, inmerso en contextos arqueológicos o propios de la antropología social (Lemonnier 1992).

Tecnología del quehacer y gesto técnico al interior de una cadena operativa alfarera

De esta manera, el estudio de los sistemas tecnológicos que subyacen a dicha *cadena operativa* involucra el análisis de las decisiones que toma el alfarero durante el proceso de elaboración cerámica. De cómo confeccionará su

pieza, de cuáles técnicas utilizará y por qué secuencias de actividades optará, entre miles de alternativas posibles. Las peculiaridades morfológicas, tecnológicas y de diseño subyacen al proceso de creación en el que intervienen decisiones materiales, sociales, políticas, ideológicas y económicas. Este enfoque ha mostrado que las decisiones seguidas por las alfareras en general no siempre tienen que ver las necesidades funcionales de los objetos, y que sus mecanismos de reproducción social son mantenidos en el tiempo gracias a estructuras de enseñanza específico, en un contexto social determinado y potencialmente susceptible a convertirse en hábito (Lemonnier 1986, 1992; Stark 1999: 31; Gosselain 2008).

Con el tiempo, los distintos modos de hacer se van consolidando *estilos tecnológicos* (como el “raspado” interno en las cerámicas trincheras, que veremos en el capítulo descriptivo de esta tesis). Dichos estilos son reproducidos y transmitidos a lo largo de generaciones para convertirse finalmente en tradiciones tecnológicas relativamente estables a través del tiempo. Los patrones materiales dejados por las prácticas tecnológicas, pueden ser estudiados en el registro arqueológico por medio de la detección de modos de hacer específicos, los cuales son producidos por el aprendizaje de *opciones técnicas* compartidas (Dobres and C 1999, Trias and Roselló 2012).

Las distintas elecciones, opciones operativas o decisiones tomadas por el alfarero son reflejo de varios procesos de enseñanza. Algunos adquiridos mediante la observación de otros alfareros y otros tantos, inventados a lo largo de su experiencia creativa en la práctica. Todo esto es entendido como producto de las representaciones sociales, en tanto que, por medio de estas, distintos fenómenos sociales (como el conflicto) influyen directamente sobre el sistema técnico (Lemonnier 1992, Chiykowski 2017).

Las técnicas (modos de hacer) buscan codificar el proceso tecnológico en una serie de pasos aprendidos y heredados que encarnan el vínculo entre personas y los objetos. Varios autores lo definen, palabras más palabras menos, como el conjunto de procedimientos utilizados por las personas para hacer objetos a partir del trabajo manual, buscando satisfacer de esta manera, una serie de necesidades del orden simbólico, económico, político o sencillamente utilitario. Es decir, el proceso tecnológico es un medio para expresar, reafirmar y

contrastar cosmovisiones y valores culturales entre los grupos humanos, de esta manera, su estudio adquiere importancia al sumergirnos en la dimensión social de las técnicas (Dobres and C 1999, Gosselain 2008).

Lemonnier (1992) explicó que las técnicas involucran *materiales*, secuencias de acción, "herramientas" (incluido el cuerpo humano) y un conocimiento particular. Este último es al mismo tiempo "*el saber hacer*"; habilidades manuales, procedimientos, pero también equivalen a un conjunto de representaciones culturales de la "realidad" que vive cada individuo dentro de un entramado social, propio de su tiempo. Es decir, la acción y el gesto técnico evidenciado en la fabricación de cerámica, al estar dentro del universo de comportamientos sociales establecidos, no solo se convierten en un mecanismo de transmisión de significados socialmente aceptados y compartidos; si no que también, son rasgos sintomáticos de la dinámica cultural inserta en la acción social, la visión del mundo y en la reproducción social (Lemonnier 1992).

Para lógralo es necesario entender la función de las "*elecciones significativas*" del alfarero realiza, por medio del discernimiento de aspectos de la elaboración del recipiente, aspectos que tecnológicamente son detectados sobre la identificación de materiales en los colorantes, las pastas y los procesos manufactura, acabado y cocción. Lemonnier (1986), añade sobre la importancia de analizar "microtrazas" que proporcionan información valiosa sobre aspectos específicos de la técnica y la tecnología, los cuales pueden ser diagnósticos para detectar cambios y continuidades al interior de una tradición tecnológica. Sin embargo, advierte que solo se puede considerar lo anterior, como información suplementaria (Lemonnier 1986).

De la creación a la repetición, nace la construcción de una tradición

Entender una parte de las relaciones sociales que se gestan por medio de la materialidad de los objetos cerámicos, puede lograrse por medio del concepto *de tradición tecnológica*, el cual no se enfoca el objeto como tal, sino en los usuarios y los creadores de estos a través del tiempo (Stark, Bishop et al. 2000). En este caso, las alfareras realizan decisiones tecnológicas y operativas en los momentos en que llevan a cabo el proceso de elaboración del pigmento, dispuesto sobre el acabado de las superficies del recipiente.

Los conocimientos involucrados en dichas decisiones establecen las bases de una tradición tecnológica que se trasmite de generación en generación, manteniéndose relativamente estable como se observa en la cerámica *Trincheras púrpura sobre rojo/café*. Ya que las decisiones tomadas por la alfarera durante el proceso de producción no son producto del azar, sino que responden a lo aprendido durante la enseñanza de su quehacer, se adoptan hábitos motrices que dejan huellas en las formas materiales.

Por esta razón las tradiciones tecnológicas, al ser fruto del aprendizaje que reproduce practicas cotidianas estables en las formas básicas de hacer los objetos, se vuelve más resistentes al cambio. Sin embargo, Oliver Gosselain (2008) advierte que, aunque locales, dichas prácticas no son del todo estáticas ni tampoco son adquiridas una única vez. Por el contrario, sus observaciones en África señalan que son resignificadas continuamente tanto por sus practicantes, como por los nuevos aprendices y consumidores. La observación de estos fenómenos ha demostrado que, en la transmisión de conocimientos técnicos y en la práctica tecnológica de los mismos, se producen constantes transformaciones y pérdidas en ciertas características identificables a nivel arqueológico (Gosselain 2008).

Mirando y errando se aprende

Podemos decir que el aprendizaje es un proceso atravesado por la interacción formal entre un pequeño grupo de personas, por lo general con algún grado de parentesco entre sí. De esta manera se transmitieron gestos y técnicas manufactureras implícitas (por ejemplo, en la tradición alfarera que dio origen a la cerámica *Trincheras púrpura sobre rojo* por lo menos durante cinco siglos, que discutiremos en el siguiente capítulo). La replicación de modos de hacer, generan técnicas fácilmente reconocibles en los objetos terminados. Por ejemplo, la del acabado y la decoración, se vinculan a la manipulación consciente de una serie de conocimientos técnicos sobre las replicación de códigos socialmente compartidos y exigidos en la obtención de ciertos artefactos (Gosselain 1992). Esto quiere decir que dichas elecciones constituyen representaciones sociales compartidas, las cuales se materializan en modos de

hacer particulares y, por lo tanto, pueden ser abordadas a través del análisis de la cultura material (Lemonnier 1992).

Al interior de la descripción de la cadena operativa, es vital identificar las estrategias cognitivo-tecnológicas que se encuentran en la cultura material. Gosselain (2008) ha demostrado la identificación de grupos y contactos entre comunidades a través la producción alfarera, donde es más importan el rol que cumplen las decisiones sociales durante el proceso de fabricación y transmisión de conocimiento técnico, que el resultado final en términos de la caracterización de estilos y formas (Gosselain 2008). Al mismo tiempo es importante entender que estas secuencias tecnológicas, enseñadas y aprendidas en contextos relativamente formales, son útiles como indicadores de contextos de aprendizaje, de tal manera que pueden ser incluso catalogadas dentro de un nivel de formación del alfarero, distinguir el aprendiz del maestro es clave para comprender aspectos de la cada de producción (Hegmon 1998).

Varios autores también señalan algunas premisas para determinar el grado de continuidad en los “modos de hacer” al interior de una tradición, analizando, describiendo y comparando los patrones en la técnica corporal en la ejecución que son producto de una conducta socioculturalmente adquirida (Hegmon and Kulow 2005, Tite 2008, Trias and Roselló 2012, Roux 2019). Describir estos procesos a nivel etnográfico, nos ayudan a entender la estabilidad y/o la resistencia al cambio con la introducción de ideas nuevas para la ejecución de ciertos pasos en el proceso tecnológico. Permitiendo de esta manera identificar la lógica entre los cambios y la estabilidad, en el préstamo y el aislamiento tecnológico. Índices válidos para lanzar interpretaciones a nivel de la interacción social.

Trasmisión del conocimiento y *habitus* en el aprendizaje

Todas estas prácticas y contextos de enseñanza que encierran la noción de estilo o tradición tecnológica se gestan en las sociedades por medio de un concepto que da cabida a la reflexión de múltiples aspectos a nivel antropológico. Sin ánimo de profundizar mucho en la teorización del concepto. Haré mención del *habitus* para explicar cómo la cerámica utilitaria, juega un importante rol en la estructuración de ciertas tareas cotidianas asociadas a la alimentación. Pierre

Bourdieu (1991) plantea el *habitus* como una especie de sistema de prácticas duraderas y transferibles, predisuestas para cumplir una función estructurada en determinados contextos, que sirve para generar y organizar prácticas y representaciones bajo principios aceptados culturalmente (Bourdieu 2007).

El *habitus* ligado a la manufactura, involucra una serie de comportamientos aprendidos, que por lo general se expresan de manera inconsciente, a través de la creación de objetos. Básicamente las cosas, pueden ayudar a reflejar el *habitus* de las personas. Como productor de la historia de una sociedad, el *habitus*, produce prácticas colectivas e individuales, que se encargan de replicar experiencias pasadas, aprendidas por las personas, a manera de principios de pensamiento, de percepción y acción que tienden a perpetuar las prácticas de una manera introspectiva y casi que naturalizada (Bourdieu 2007) En este sentido, podemos decir que las elecciones técnicas, que están inmersas en el *habitus* de las alfareras trincheras, alimentan las tradiciones tecnológicas con materiales particulares, elegidos consientes o inconscientes, las cuales se encuentran histórica y socialmente situadas en las prácticas y en la agencia humana en ciertos contextos tal como lo insinúa Hegmon (Hegmon 1998).

Agencia y Tecnología

Ya hemos explicado que la identificación de estrategias y elecciones técnicas, al interior de diferentes tradiciones alfareras, pueden ser estudiados para comprender las interconexiones socioculturales entre poblaciones con evidencias en dinámicas como la circulación e intercambio de ideas, conocimientos tecnológicos y otro tipo de contactos sociales. Vemos que las personas como los objetos, son agentes estructurados y estructurantes. A través de los objetos, creamos, modificamos y concebimos una determinada visión del mundo. De ahí que la cultura material, forma parte activa en la reproducción, mantenimiento y/o cambio al interior de una sociedad (Ingold 1993, Gosden 2005, Hegmon and Kulow 2005, Knappett 2012). Para Tim Ingold (1993), la técnica implica "*las habilidades corporales de los agentes humanos*", mientras que la tecnología comprende "*los principios operacionales encarnados en el aparato de producción externo*" (Ingold 1993). Sin embargo, la funcionalidad

puede variar con el tiempo, así como el valor de cambio, el diseño y su significado.

Como veremos más adelante, es posible considerar los sitios costeros, como conjuntos o *assemblage*, concepto que alude a un contexto específico de materialidad -cerámica-, el cual remite a redes más amplias de dinámicas sociales entre distintos grupos. La pintura en la cerámica puede ayudarnos comprender esto, desde una escala microscópica de su composición elemental, hasta una que busque la comparación entre las diferencias y similitudes entre las actividades costeras y aquellas realizadas en los sitios tierra adentro por las poblaciones.

Los lugares para la obtención de materias colorantes demuestran la diversidad de formas con las que son referidos a lo largo del tiempo. La evidencia en el presente estudio indica que, existe una tendencia hacia la concentración de huellas químicas similares, hacia las muestras recolectadas en dos de los tres sectores estudiados. Este comportamiento podría estar vinculando dicha “huella química” con la región en donde se produjeron determinados diseños, que pudieron ser elaborados por un grupo específico o en una época determinada. Es decir, ciertos fragmentos fueron decorados, con materiales procedentes de lugar distintos.

¿Fronteras y límites? Prácticas tecnológicas e interacciones sociales a partir de la cerámica

Indudablemente las prácticas tecnológicas propician interacciones sociales a diferentes escalas. En las sociedades con un alto grado de movilidad asociadas a modos de vida ligados a la recolección, la caza y la pesca como los identificados en la costa sonorensis, el compartir e intercambiar, fue probablemente una de las maneras para equilibrar los momentos de escasez de recursos. De esta manera se aseguraron lazos sociales y se mantuvieron en práctica, todo tipo de conocimientos tanto tecnológicos como rituales que garantizaron la reproducción biológica y cultural del grupo (Eerkens 2003).

Conceptualmente, dichas interacciones han sido explicadas desde la formación de liderazgos, que derivan en la jerarquización de las sociedades, por

medio de la creación de diferentes estructuras de poder que se establecen, en principio, por nociones clave abordadas tradicionalmente en la teoría antropológica como la reciprocidad (Mauss 2009). En su momento el antropólogo Marshall Sahlins (1983) planteaba para este caso que, los grupos sociales con estos modos de vida nómada interactúan, entre otras cosas, por medio del intercambio de bienes, servicios, parentesco y conocimientos tecnológicos a través del tiempo y el espacio. Este intercambio se puede efectuar a una velocidad inmediata o en distintos momentos, aumentando paulatinamente las probabilidades de que una población se mantenga con estructuras culturales estables que afiancen su identidad a partir de la diferencia con otros grupos (Sahlins 1983).

Sin embargo, varios autores coinciden en afirmar que es complicado rastrear e interpretar puntualmente desde el registro arqueológico, relaciones como la transferencia o el intercambio. Usualmente estas actividades -aunque existen y han existido siempre-, son englobadas simplemente en el término amplio de la *interacción*. Este término incluye transferencias de ideas, información, creencias y materiales que, entre diferentes grupos, que juegan un rol preponderante en la formación de distintos momentos de complejidad social, muchas veces sin dejar un rastro material contundente (Binford 1980, Lemonnier 1992, Heidke 1993, Goodby 1998, Eerkens 2003, Roux 2011). Aunque es interesante la perspectiva de Robert Goodby (1998) cuando reevalúa las fronteras de este tipo de interacción social, al decir que:

"las fronteras sociales son abstracciones y construcciones ideológicas, reconocidas de manera diferente y por diferentes razones por las personas sobre la base de su identidad, intereses y contexto social percibidos "
(Goodby 1998)

Las personas al hacer parte de estas interacciones establecen y refuerzan constantemente lazos intergrupales, fomentados por intercambios significativos, recurrentes y cotidianos a pequeña escala por medio de una gama amplia de materiales como la cerámica. Los vínculos resultantes de estas interacciones suelen ser importantes, diversificándose a lo largo de la trayectoria de vida en cada individuo y no dependen completamente de la intensidad con la que se producen los mismos (Tite 2008, Rice 2015). Una manera probada de estudiar

dichas interacciones culturales es por medio de, los *sistemas tecnológicos* los cuales son un canal por donde se manifiestan todo tipo de relaciones sociales, formas de ver el mundo, estructuras de poder, modos de vida. etc. (Lemonnier, 1986; Dobres y Hoffman 1994; Gosselain 1998, 2000; Dietler y Herbich 1998; Stark 1998).

Evaluar el grado de homogeneidad de una tradición tecnológica derivada de la reproducción acumulada de tradiciones en la manufactura, resultada de la proximidad y pervivencia dentro de una misma comunidad de alfareras involucradas en distintos niveles de integración social. Por lo tanto, uno de los objetivos del análisis de la tecnológica cerámica es, estudiar la variabilidad sincrónica y diacrónica de los materiales arqueológicos que se encuentran en determinado contexto desde un ángulo antropológico (Roux 2011).

Por lo tanto, el análisis tecnológico de cerámica y, en este caso, el pigmento y la decoración presente en ellas; puede ser la base de consideraciones multifacéticas. En donde el análisis de tradiciones técnicas es la primera fase para abordar aspectos como la distribución y organización la producción de cerámica a mayor escala, la función de los sitios y, por último, la maneras en que las características técnicas y estilísticas se transforman al interior de dichas tradiciones tecnológicas (Roux 2011, Frère 2016).

Consideraciones capitulares

Actualmente, las discusiones sobre si los pigmentos en la antigüedad son rituales o son funcionales, aún existen, pero no prevalecen. La comparación etnográfica y el análisis de contexto arqueológicos alrededor del mundo, permite generar un consenso al respecto. Se acepta que en principio el empleo de estos materiales colorantes y en especial los óxidos de hierro, es de carácter funcional, y de él deriva, gracias a sus distintos atributos, el uso simbólico y afectivo se encuentra asociado a diversas prácticas contextuales (Cortell 2016). El uso funcional y simbólico de los colorantes rojos, no debe ser entendido por separado. Como hemos visto, su utilización es complementaria.

Tanto el análisis contextual como la ubicación en el paisaje de sitios con materiales colorantes, permite acercarnos a la comprensión de sistemas de asentamiento entre los cazadores recolectores-pescadores, y su rol en los distintos procesos de integración social propiciados por medio de las prácticas tecnológicas desarrolladas a nivel local en el ámbito de la alfarería. En el caso específico de la extracción, producción e intercambio de estos materiales consumidos como pigmento en recubrimientos de cerámica; podemos decir que por medio de la comparación de los motivos estilísticos y de la caracterización elemental de materias primas en el conjunto de la muestra, sirve para establecer en principio, patrones de filiación cultural a larga distancia.

La detección de minerales exóticos o atípicos compuestos por elementos traza rastreables, puede ser entendida como un canal de comunicación de información e intercambio social relevante entre las sociedades del desierto, en tanto que su aprovechamiento está ligado a conocimiento tecnológico heredados previamente. Es decir, la circulación de objetos y el acceso a ciertas materiales colorantes o materiales particulares puede ser un indicador de la existencia de vínculos identitarios u adscripciones territoriales que se tejen entre los grupos sociales, frente a determinados materiales insertos en el paisaje.

Comprender en contexto la distribución y las densidades tipológicas, combinada con técnicas arqueométricas específicas, ayuda a aproximarnos a las pautas de consumo y de desecho que influyen no solo en la formación del registro arqueológico in situ, si no también, permite ofrecer una interpretación desde la perspectiva de la antropología de la tecnología que ofrece una explicación sobre los posibles cambios al interior de una técnica alfarera y demostrar la pertinencia en la implementación de técnicas arqueométricas para la obtención de información relevante sobre la procedencia y transformación de diversos materiales usados para la obtención del color.

En suma, la combinación entre la documentación etnográfica y los resultados de análisis arqueométricos específicos facilitará plantear inferencias que ayuden a comprender la variabilidad de técnicas de preparación del color en la sociedad trincheras, en los inicios de esta tradición pictórica en la costa central sonoreense, durante la fase Atil (200-800 a.C.).

De tal manera que, evidenciar más de un tipo de materias primas, permite comparar diferentes aspectos al interior de una misma tradición alfarera. El uso y tratamiento de los pigmentos sobre cerámica está directamente vinculada a distintos aspectos de la reproducción social, tales como los patrones de transformación/consumo de alimentos de temporada y probablemente de prácticas ceremoniales y de memoria, como en los siguientes capítulos de esta tesis intentaré demostrar.

CAPÍTULO II: TIERRA, MANOS Y ANDAR.
TRAYECTORIAS DEL ESTUDIO
ARQUEOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA HISTORIA CULTURAL MILENARIA

Introducción

En este capítulo se presenta información sobre distintos aspectos del área de estudio, enfocados principalmente a la cuenca del río Concepción en el municipio de Caborca, escenario geográfico y ambiental que pudo ser usado como marcador de ruta para llegar al mar desde el interior del desierto central de Sonora. El capítulo inicia con las principales características ambientales, geomorfológicas y geológicas del área de estudio. Dicha información viene acompañada por datos cronológicos, que ayudan a contextualizar su importancia en la configuración del paisaje que actualmente observamos. Posteriormente, se hace un recuento cronológico de las principales investigaciones arqueológicas que, durante el siglo XX, reconstruyeron buena parte de la historia cultural de la ocupación humana en la región. Se hace mención de los principales investigadores que marcarían precedentes tanto en sus modelos explicativos y metodologías usadas, como por su influencia y participación en la consolidación de proyectos académicos de carácter nacional e internacional. A su vez, se mencionan aspectos puntuales sobre la trayectoria clasificatoria que ha tenido la cerámica *Trincheras púrpura sobre rojo* dentro del esquema clasificatorio vigente. Se termina enunciando el más reciente trabajo comparativo sobre la cerámica arqueológica y su relación con los movimientos poblacionales, que configuraron parte de la población prehispánica en Sonora, usando técnicas analíticas complementarias como la petrografía.

Área de estudio

Los tres sectores arqueológicos abordados en el presente estudio se encuentran ubicados al noroeste del estado de Sonora, bajo la jurisdicción del municipio de Caborca (Figura 1). Dos de los sectores "*Tanques*" y "*Paredones*" se encuentran ubicados en cercanías de la desembocadura del río Concepción o Asunción, en las planicies desérticas frente a la costa del Golfo de California. Mientras que el tercer sitio conocido como "*La Proveedora*", se encuentra ubicado en una formación montañosa que lleva el mismo nombre a orillas de la cuenca baja del río Magdalena, tributario del río Concepción a 7.5 km al oeste de la cabecera del municipio de Caborca, Sonora, México.

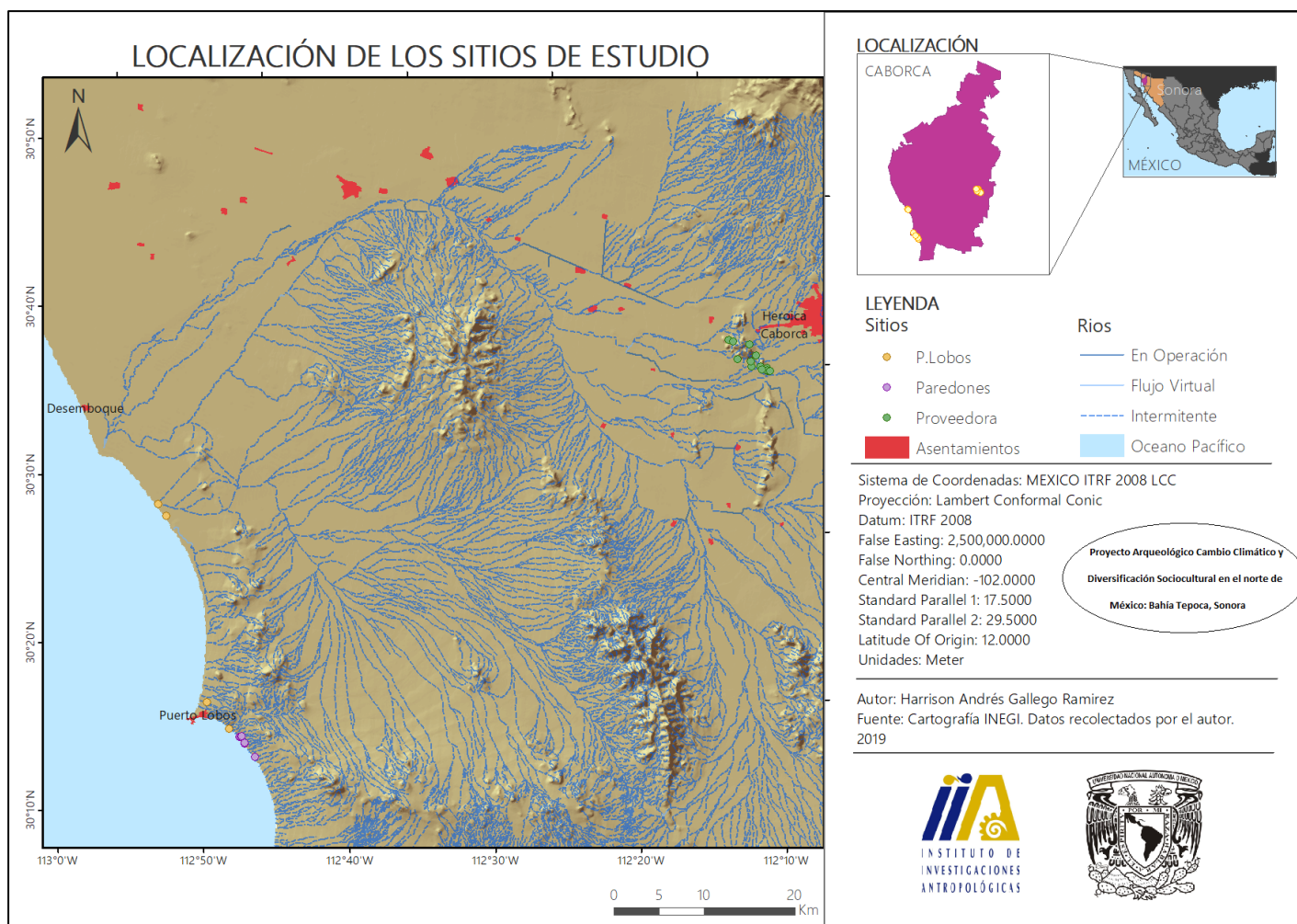


Figura 1. Área de estudio

Los materiales cerámicos que hacen parte del presente trabajo de investigación fueron recolectados en estos tres sectores y analizados en el marco de diversos proyectos auspiciados por el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIA-UNAM). Fragmentos provenientes del sitio “La Proveedora” (SON:E:8:5), fueron recuperados durante el año 2003 en el “*Proyecto arqueológico de manifestaciones rupestres en la Proveedora, Sonora*” durante el año 2003, coordinado por un equipo de trabajo por el Dr. César Villalobos. De este proyecto, veinte (20) tiestos fueron seleccionados para el presente estudio.

Los dos siguientes sectores arqueológicos se ubican en el borde costero conformado por geformas en donde destacan los bancos de arena, abruptos acantilados y algunas ciénagas. Al norte de la población de *Puerto Lobos*, en el paraje conocido como desemboque de Caborca (río Concepción), se encuentra el sector “Tanques” (SON:E:9:3) mientras que, al sur de la misma población, se

encuentra el tercer sector que lleva el nombre de “Paredones” (SON:E:13:1). Ambos sectores han sido reportados recientemente y están siendo estudiados en el marco del “*Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora (PAPIIT IA400816)*” desde una óptica que busca comprender la diversidad de manifestaciones culturales del desierto, a partir de la adaptación humana en entornos costeros marcados por distintas dinámicas de cambio climático en una perspectiva de larga duración. Dicho proyecto vigente se encuentra a cargo del Dr. César Villalobos, desde el año 2016. De estos sectores se seleccionaron 41 fragmentos cerámicos.

Descripción geográfica

Geográficamente el noroeste de México es entendido como una vasta región en su mayoría plana, cálida y árida con una diversidad de fauna y flora propia, asociada evolutivamente a fuertes cambios estacionales de lluvia y temperatura extremas a través del año (Munson, Webb et al. 2012). El proceso de aridificación de Sonora se intensifica por la escasez de lluvias, cuyo régimen depende de cada ecotono, con una variación promedio de entre 50mm y 300mm anuales. En el verano (junio-septiembre) las temperaturas superan los 45 °C, ocasionalmente refrescados por lluvias en formas de chubasco, mientras en el invierno la temperatura en la madrugada alcanzan los -5°C y las lluvias prácticamente desaparecen (INEGI 2000, Weiss and Overpeck 2005).

Tal como hoy, el territorio que ocupa el estado de Sonora se configuró en la antigüedad por dinámicas geológicas específicas que crearon entornos geográficos únicos. Estos son la clave para el entendimiento de las pautas de subsistencia, patrones de movilidad e interacciones sociales basadas en la construcción cultural de conocimientos específicos, necesario para la interacción a diferente escala con el entorno biogeográfico. La importancia de estos conocimientos específicos radica, entre otras cosas, en la estrecha relación con la adquisición, transformación y consumo de ciertos *materiales especiales* como la concha, las piedras de colores y otros recursos menos vistosos, pero igual de importantes como las arcillas. Dichos materiales son protagonistas en la elaboración de objetos, que fueron clave en los diferentes procesos de

apropiación cultural y reproducción social al interior de un vasto territorio que, lentamente fue humanizado a lo largo de los siglos por distintas poblaciones con una alta movilidad sobre el mismo.

Las ciencias de la tierra, la arqueología y la biología como disciplinas consolidadas en principio bajo planteamientos epistemológicos similares, se enfocan en la búsqueda de información específica que las lleve a entender acontecimientos del pasado, aportando permanentemente pequeños fragmentos de conocimiento especializado que se “tejen” a la gran red nuestra historia. Dichas áreas del conocimiento se abrigan bajo la misma humana atracción por la observación de los fenómenos de la naturaleza y su capacidad de asombro por cada descubrimiento realizado en las entrañas de los misterios de la existencia de un pasado sepultado bajo estratos de sedimento, tarea ejercida por ciencia arqueológica.

El objetivo de hacer estas descripciones (geológicas, geográficas, ambientales), es lograr vincular el espacio, a la dinámica cotidiana de las sociedades que allí habitaron. La descripción de asentamientos arqueológicamente complejos, por lo regular se encuentran asociados a cuencas fluviales y a cerros de origen volcánico. Dimensionar estos escenarios naturales como un paisaje humanizado y, por ende, en permanente interacción con la toma de decisiones tecnológicas y operativas, es importante para entender el origen y significado de las particularidades en el proceso de elaboración, uso y descarte deliberado que ha sido evidenciado en la cerámica y los sitios objeto de estudio -especialmente aquellos denominados como de tipo “*campamento*”-.

Ligar las características del entorno geográfico, a las estrategias efectuadas por las artesanas en la fabricación de los recipientes cerámicos utilizados durante siglos por las sociedades de la antigüedad, debe ser una prioridad si queremos identificar áreas de aprovechamiento de materiales, zonas de caza, puntos de observación y protección territorial, sitios de reproducción relacionadas con los festines, etc. Conocer estos aspectos nos ayuda a dimensionar las distintas formas de habitar el desierto a través del tiempo y, por ende, la diversidad sociocultural en el pasado prehispánico de Sonora.

Cuernos y caracoles en espiral, espinas captadoras de humedad. Fauna y flora en la costa central de Sonora

Es importante mencionar que la diversidad de especies vegetales se encuentra estrechamente relacionados con las estructuras pedogenéticas que configuraron el sedimento del desierto a través del tiempo, determinando en gran medida, tanto los niveles de captación de humedad de cuencas y arroyos. Este aspecto es vital para entender la capacidad de absorción e intercambio de minerales que las plantas tienen para la formación de suelos (McAuliffe 1994).

Pese a que, por lo general, la literatura especializada menciona la existencia de condiciones de aridez, existen fluctuaciones climáticas y atmosféricas extremas en el estado de Sonora. En la región existe una gran diversidad de microclimas que permiten una rica variedad de formas vegetales compuestas principalmente por arbustos y pastos que son hogar de una vastísima cantidad de formas de vida animal entre las que se destacan por su endemismo y excepcional vínculo con el ser humano, especies como el venado buro (*Odocoileus hemionus crooki*), el borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*), el antílope (*Antilocapra americana sonorensis*), el coyote (*Canis latrans*), el jabalí (*Dicotyles tajacu*), la liebre (*Lepus californicus*), la tortuga del desierto (*Gopherus agassizi*) y diferentes especies de roedores (*Neotoma sp.*, *Peromyscus sp.*, *Perognathus sp.*) entre otras especies fundamentales en la cadena trófica, como reptiles y aves de diferente envergadura como el ceniztonle (*Mimus polyglottos*), el águila real o dorada (*Aquila chrysaetos*) y el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*), el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) entre muchos otros, que anidan y se alimentan de la vegetación local mayoritariamente de tipo *halófito*, la cual crece particularmente sobre suelos de alta salinidad y baja precipitación (Wong 2009).

Por otra parte, la flora en su mayoría está compuesta por árboles como el mesquite (*Prosopis juliflora*), la gobernadora (*Larrea tridentata*), el palo verde (*Cercidium microphyllum*) y palo fierro (*Olneya tesota*), flores como la del "guaco" (*Cleome serrulata*), cactus como el saguaro (*Carnegiea gigantea*), los garrambullos (*Myrtillocactus geometrizans*), la pitahaya (*Lemnaecereus thurberi*), varios tipos de cholla (*Opuntia fulgida*, *O. versicolor*, *O. bigelovii* y *O. arbuscula*), nopales (*Opuntia sp.*), y biznagas (*Ferrocactus wislizeni*), además se

destaca la presencia del el árbol cirio (*Fouquieria columnaris*) una forma vegetal endémica muy antigua, hoy en vía de extinción.

Sobra decir que todas estas especies tiene una estrecha relación con el ser humano en diferentes aspectos de su vida material, social y espiritual. Dicha utilidad ha sido documentada extensamente a nivel etnográfico y gubernamental con el fin de conocer sus usos y planear medidas de conservación ya que actualmente dichas poblaciones se encuentran dispersas de manera irregular por las distintas geoformas que configuran nichos ecológicos puntuales y únicos a lo largo del desierto; en parte por culpa de la colonización humana irresponsable y a gran escala (Felger and Mary 1991, SEMARNAT and CEDES 2008).

Como ya lo hemos repetido, lo anterior es relevante para comprender algunos aspectos sobre el asentamiento y la movilidad humana. La cual ha estado en función del conocimiento que tenemos sobre la formación geológica paisaje, misma que, en ambientes áridos, restringe o posibilita la vida vegetal y animal. Elementos indispensables para el sustento material como simbólico e ideológico del ser humano en perspectiva histórica.

Contexto geomorfológico

En términos generales el estado de Sonora se caracteriza como una región establecida por antiguas dinámicas geológicas que formaron un paisaje compuesto principalmente por sierras bajas y medias. Los sitios arqueológicos de interés se encuentran ubicados en la provincia fisiográfica conocida como *Desierto Sonorense*, más específicamente en la sub-provincia de *Sierras y llanuras* (INEGI, 2000). Como su nombre lo indica, esta región se distingue por contener sierras bajas (inferiores a 700 msnm), aisladas y alargadas con orientación norte-sur que se encuentran separadas por extensas llanuras desérticas. Estas llanuras han sido moldeadas por la acción eólica e hídrica, en cuya superficie se distinguen amplios abanicos aluviales formados por infinidad de pequeños afluentes que aparecen esporádicamente solo en temporada de lluvias; estos han ocasionado –a través del tiempo- un notorio desgaste de las pequeñas sierras circundantes, generando una progresiva nivelación del relieve a través de la erosión (INEGI 2000, Cruz, Sánchez et al. 2018).

Estas sierras y planicies aluviales extensas se concentran en el centro-oeste del estado. Están ligeramente inclinadas hacia el oeste en dirección al mar, a través del cual, descienden múltiples arroyos de flujo efímero y temporales que llegan al litoral costero de más de 500 km de longitud en el Golfo de California (Rangel 2018).

Por lo general, las sierras son de origen volcánico compuestas de rocas ígneas intrusivas ácidas, rocas lávicas, metamórficas, calizas y algunos otros conglomerados del Terciario (Carranco 1988). Estos edificios volcánicos son de gran interés para entender la formación del relieve actual. Los estudios geológicos en el municipio de Caborca, además de caracterizar algunos distritos mineros ricos en oro, cobre y plata (INEGI 2000) han recabado importante información sobre los grandes procesos de formación de paleosuelos, los cuales han aportado valiosa información sobre condiciones paleo ambientales y su relación con la fauna y la ocupación humana a través del tiempo (Cruz, Sánchez et al. 2018).

Este conocimiento geológico es de especial interés para la presente investigación, puesto que la identificación de fuentes de materia prima y su potencial utilización por las poblaciones del pasado, nos llevará a comprender a futuro los patrones de movilidad y descarte que tuvieron los objetos y las personas que los produjeron, siempre y cuando se enfoquen estudios hacia la caracterización elemental de yacimientos con materiales colorantes potencialmente utilizables en la elaboración de pigmentos y su posterior comparación con los compuestos presentes en la cerámica arqueológica por medio de la utilización de metodológicas y técnicas interdisciplinarias.

Es decir, fuentes de manganesos, hematitas y distintos óxidos de hierro que se encuentran en forma de nódulos a lo largo del borde de los ríos, arroyos y otras tierras pantanosas son importantes para entender el asentamiento humano en tanto que su utilización como material colorante, puede ser comprendido a partir de la metodología elaborada en el presente estudio. La aplicación de este, en la comparación de otras regiones específicas ayudará a entender las redes culturales construidas en la antigüedad alrededor de la manipulación de materias primas y elaboración de recipientes decorados que

hicieron parte de la conformación del territorio perteneciente a la cultura Trincheras.

Algunos autores ya han hecho referencia a fuentes de Hematita en la región y su importancia en la comprensión de aspectos territoriales. John Carpenter (2015) se ha preguntado por estas cuestiones refiriéndose al sitio “La Playa” enunciado que *“(…) la hematita, utilizada con frecuencia en los entierros, a menudo está presente como residuo en numerosos morteros y paletas, y puede provenir de depósitos conocidos cerca de Magdalena. Aproximadamente 50 kilómetros al noreste; sin embargo (otros autores) informaron la aparición de arenisca hematítica en las colinas del río Boquillas”* (Carpenter, Sánchez et al. 2015). Estas búsquedas son fundamentales para cotejar la procedencia de las materias primas y comprender aspectos de la interacción social, cambio tecnológico y la movilidad entre las distintas poblaciones del desierto.

Formación de arcillas rojizas en el desierto sonorense

Los suelos que conforman el paisaje sonorense han sufrido distintos procesos de erosión y meteorización, que producen minerales arcillosos con altos contenido de hierro (Fe), presentes en sedimentos de grano fino. Dichos sedimentos son producto de la dinámica fluvial (arrastre) y en promedio su estructura arcillosa contiene más hierro, que el que puede desarrollar en la intemperie. Es decir, la exposición de los minerales a condiciones atmosféricas externas permite o inhibe los distintos procesos de alteración post deposicionales conocidos como intemperismo los cuales propician o no, la aparición de óxidos de hierros hasta convertirse en hematitas, goethitas, limonitas etc. En el caso de los suelos del desierto, estos materiales ya se encuentran expuestos a simple vista en la estructura de la mayoría de los suelos de estado, especialmente en aquellos que contiene humedad (Walker and Honea 1969).

Es claro que las fuentes de arcilla, al ser relativamente abundantes no se encuentran fijadas en el tiempo a diferencia de otros minerales más raros y excepcionales. Las personas han recurrido a depósitos arcillosos en búsqueda de materiales constructivos, principalmente por su abundancia, plasticidad, y resistencia para aislar el frío y traspasar el calor. Sin embargo, los compuestos

presentes en los depósitos de arcilla reaccionan en un cambio sustancial de su color. Es decir, las tierras al someterse a un tratamiento térmico, incide en las propiedades ópticas de los minerales que la componen lo cual es utilizado como un criterio estético y cultural para su selección y utilización.

Otros minerales abundantes en el suelo de este estado son la biotita y lutita, necesarios para la formación de óxido de hierro. Estos minerales se concentran en lechos rojos y estratos evapotranspirados desde hace millones de años. En areniscas eólicas, como mineral asociado en rocas ígneas o también como inclusión en muchos minerales se observan en abundancia en las cárcavas que se forman por el transporte de agua, allí se expone esta dinámica de manera homogénea en todo el desierto. Estos estudios señalan que, si bien la mayoría de los suelos del desierto contienen minerales ricos en hierro, la formación de hematitas y otros óxidos no está estrictamente sujeta a factores de tipo ambiental (Walker and Honea 1969).

Hidrología

Sabemos que la dinámica hídrica es muy cambiante, y que las descripciones que vienen a continuación no corresponden exactamente con las condiciones que existieron en la antigüedad. Sin embargo, enunciar sus características actuales, nos lleva a reflexionar sobre su importancia en la configuración biológica del desierto, la cual ha creado condiciones favorables para la vida. Dichas condiciones han sido aprovechadas culturalmente por el ser humano no solo en la obtención de su sustento, sino también para conocer el espacio que habita a través de la huella que siguen los cursos de agua como parte fundamental de su universo simbólico. Villalobos señala en este sentido que, el medio geográfico incide tanto en la apropiación de lugares por actores sociales del pasado, cómo en la planeación metodológica e interpretación teórica de los restos materiales en el presente (Villalobos 2008).

El área de estudio se encuentra situada en la región hidrológica conocida como Sonora Norte (RH8), la cual representa el 30.7 % de la superficie total del estado. Dicha área, se compone por tres cuencas principales descritas de norte a sur como: río San Ignacio, río Concepción - arroyo Cocóspera y desierto de Altar- y río Bamori. El municipio de Caborca esta surcado de este a oeste por la

cuenca del río Concepción- arroyo Cocóspera- actualmente canalizada por grandes distritos de riego (INEGI 2000).

Esta cuenca tiene un régimen hidrológico intermitente; esto quiere decir, que únicamente en la temporada de lluvia conducen agua, la cual encausa múltiples arroyos efímeros que fluyen por una corriente de agua que tiene varios nombres a lo largo de su recorrido hacia el mar. Nace en el cerro *Las Veredas* al sur del municipio de Nogales a una altitud de 2000 msnm, allí es llamado *El carrizo* (Casa de Piedra), posteriormente es conocido como *arroyo Cocóspera* hasta llegar a la población de Magdalena de Kino, donde es designado como *río Magdalena*. Continúa su trayectoria hacia el suroeste del municipio de Caborca, donde recibe el aporte de varios afluentes en donde se destacan las aguas del arroyo *El Coyotillo* y las del *río Altar* (INEGI 2000). En la confluencia con este último, ubicada en la población de Trincheras, cambia su nombre por el de *Asunción*.

El curso de agua continua en dirección oeste, hasta una formación montañosa llamada "*El Álamo*" donde se depositan aguas provenientes del arroyo "*El Coyote*", último gran afluente a partir del cual es conocido como *río Concepción* cuya corriente se disemina en la planicie arenosa de la franja costera, formando un delta en el sector denominado Desemboque de Caborca (Maraver R 2008). En dicha planicie se ubica el sector los "Tanques", de donde proviene parte del material aquí analizado (21 fragmentos) y cuya importancia haremos referencia puntual más adelante.

Cursos de agua y dunas frente al mar

Corredor natural entre la costa y la tierra adentro, la desembocadura del río Concepción es un punto estratégico para el entendimiento de las dinámicas de interacción sociocultural en periodos cerámicos (posteriores al 200 a.C.) ligadas al incremento en el consumo de recursos costeros (conchas) por parte de poblaciones al interior del continente. Rutas que en principio podrían estar asociadas únicamente a la obtención y procesamiento de alimentos de origen marino, también pueden ser consideradas como enlace para cerámicas especializadas en la cocción de alimentos proteínicos.

Los ríos, las cuencas y las dunas son importantes porque en conjunto hacen parte de lo que conocemos como paisaje, escenario donde se desarrolla gran parte de la vida material de las sociedades humanas, cuyo conocimiento y valoración está cargado de una importante cuota cultural, la cual puede variar entre diferentes comunidades y épocas. Sin embargo, es importante considerar que las poblaciones humanas habitaban diversos nichos ecológicos durante la fase Atil (200-800dC) probablemente entendían este paisaje de una manera distinta.

Es este sentido, es necesario continuar con la identificación arqueológica, de sitios de asentamiento, en medio de rutas estratégicas en dirección al mar. Si queremos acercarnos a la identificación de pautas sobre su movilidad, y comprender la relación que tiene con el aprovisionamiento de recursos. Por medio de dicha identificación podremos entender cuáles son las relaciones interétnicas que tanto la etnografía y la etnohistoria ha enunciado sobre estos grupos cazadores recolectores pescadores de la región.

Desde la adquisición de materia prima para la elaboración de herramientas líticas, como la extracción de arcillas, materiales colorantes y otros agregados usados en la fabricación de cerámica o los depósitos de rocas en arroyos como fuente para la obtención de herramientas líticas para la caza y la molienda; pasando por la recolección cíclica de frutos y cortezas vegetales para el consumo alimenticio, el aprovechamiento de abrevaderos destinados como relictos de caza, hasta el diseño hidráulico de depósitos para almacenaje y desviación de aguas con fines agrícolas, hasta la obtención de maderas, arcillas y otros materiales constructivos. Los cursos de agua han sido de vital importancia para el asentamiento humano. En este sentido, el conocimiento sobre sus trayectorias y dinámicas ha permitido la movilidad en los procesos de asentamiento humano en el desierto.

Contextualizar e interpretar la información geológica, hidrológica, imágenes satelitales y resultados de prospecciones arqueológicas en la región, sigue siendo una de las principales preocupaciones de los investigadores del Suroeste/Noroeste, a fin de comprender la forma en la que se utilizaron los paisajes costeros en el pasado (White 2007). La historia cultural de la región, refieren un aprovechamiento colectivo de los recursos costeros y aún falta

establecer con claridad las rutas de transporte de materiales exóticos como la sal, la concha entre otras materias primas como los materiales colorantes adquiridos en las costas.

Hacer mención sobre la importancia de las características geográficas de cada sitio y evidenciar la existencia de una diversidad en el patrón de asentamiento y la innovación tecnológica en los estos, da cuenta del alto grado de variación entre los posibles vínculos locales e intracomunitarios al interior de la región de estudio. Comprender los asentamientos documentados (por pequeños que parezcan) en función de poblaciones semi sedentarias dedicadas a cumplir sus propias necesidades ideológicas y socioeconómicas es una tarea básica en la interpretación arqueológica.

Es fundamental para entrar a reflexionar sobre las diversas motivaciones culturales que llevaron a las distintas sociedades del desierto a mantener y/o modificar a través del tiempo, su relación con el mar. Viajes de largas distancias motivados por el intercambio, fueron cumplidos de manera eficiente, refinanciando vínculos sociales de parentesco y quizá, dando respuesta a preocupaciones de carácter sagrado/ ritual sobre su existencia misma.

Antecedentes sobre la investigación arqueológica en el área Trincheras.

Este apartado trata específicamente sobre la investigación arqueológica en la región de estudio, por lo tanto, es importante mencionar algunas reflexiones antropológicas que se han elaborado sobre la conformación histórica del discurso arqueológico en el norte de México. A fin de comprender las distintas trayectorias académicas encargadas de construir la historia cultural de las distintas ocupaciones humanas en el estado. Cabe mencionar la importancia y particularidades que esto ha tenido, en cuanto la conformación de un discurso arqueológico y la forma de guiar las inquietudes académicas sobre el pasado en el marco de una frontera internacional. Sus distintas tensiones, perspectivas, alcances y objetivos. Y, por lo tanto, su repercusión en el esquema tipológico y crono-cultural propuesto para clasificar la cerámica decorada.

Para ello, mencionaré brevemente algunos investigadores que a lo largo del tiempo han realizado trabajos académicos que directa o indirectamente han construido distintas narrativas sobre las características, relaciones e influencias entre los antiguos habitantes de la región. Quienes, basándose en observaciones puntuales por medio de la cultura material, han logrado invaluable aportes. Hecho que, reitero, es importante para comprender la forma en la que se ha entendido el pasado en la frontera norte de México.

Entender el “*Contexto Arqueológico*” de una región, es adentrarse por un camino condicionado por lo pensado, dicho y, sobre todo, escrito previamente. Implica preguntarse necesariamente una multiplicidad de factores que enmarcan no solo el escenario geográfico que circunscribe la región de estudio, la ubicación espacio temporal de los materiales arqueológicos a los que se acude, sus características formales y estructurales, sus posibles filiaciones culturales e importancia a lo largo del tiempo; sino también, comprender nuestro rol en la construcción de una narrativa ligada indefectiblemente a nuestra identidad. Esto con el fin de comprender a los autores que edificaron las bases del conocimiento desde donde hoy emanamos muestras inquietudes y aportes.

Villalobos (2008) sintetiza al respecto, la manera en la que el autor comunica sus investigaciones, argumentando que “*los textos no son el espejo ontológico de la realidad sino su interpretación histórica, contextual y relacional*” (Villalobos 2008). De esta manera, busco poner en contexto la historicidad sobre el estudio de algunos materiales culturales objeto de esta investigación, fijando especial interés en el desarrollo técnico del color plasmado en la cerámica clasificada bajo el epónimo de “*Trincheras púrpura*”. Estos restos de cultura material son considerados en la literatura arqueológica como, una de las primeras evidencias de pigmentación sobre recipientes cerámicos, producidos en la costa central de Sonora durante los primeros siglos de nuestra era (200-800 d.C.) (McGuire and Villalpando 1993).

Tales fragmentos son diagnósticos al momento de situarnos en un periodo cultural marcado por incrementos poblacionales ligados a interacciones sociales a escala inter regional. Incrementos derivados en parte, a la consolidación de un territorio con mayores índices de nomadismo y la paulatina consolidación de modos de vida que por primera vez, incluían la agricultura y el color en la

cerámica dentro del universo de sus representaciones conceptuales de la estética. El significado de dichos diseños, aún no está del todo claro, aunque de las formas cerámicas es común aceptar que son inspiradas en formas de la naturaleza (Heidke and Habicht 1998). Los diseños en la cerámica fueron lenguaje compartido y expresado de manera visual sobre recipientes funcionales, dichos recipientes fueron importantes para el ejercicio de actividades comunitarias y la reproducción de la vida en sociedad (Evans and Lail 2015).

La importancia de encontrar diferencias y continuidades en las características composicionales del color, al interior de una misma tradición tecnológica, permite evidenciar elecciones tecnológicas que implican saberes compartidos sobre distintos modos de procesar diversas fuentes de materiales. El conocimiento sobre la ubicación y transformación de dichos sustratos colorantes probablemente posibilitó la interacción entre grupos humanos que integraban las sociedades del desierto de Sonora a través del tiempo, las cuales estaban cohesionadas -entre otras cosas- por un universo material compartido, en este caso, la cerámica pintada.

Innumerables fragmentos de cerámica decorada han sido recolectados, descritos, etiquetados y archivados durante el desarrollo de diferentes proyectos arqueológicos en el norte de Sonora desde hace por lo menos más de un siglo (Villalobos 2008). Su cantidad, diversidad y estado de conservación varía dependiendo del tipo de contexto donde son hallados; la metodología empleada en su recolección, así como en el número de respuestas que el investigador logró obtener del material, a partir de las preguntas que se formuló en función de sus intereses, los cuales, como es bien sabido, varían sustancialmente a largo del tiempo y la escuela a la que pertenezca cada investigador.

Del resultado de esta interacción –la que establece el arqueólogo con los materiales que analiza- y el conocimiento arqueológico empírico derivado de las características observables en los objetos, ha permitido, entre otras cosas, situarlos en un marco temporal y dotar dicha información de elementos contextuales que nos permiten entenderlos –a los objetos-, en función de la vida social que les dio origen, que les dio un uso y que finalmente, los dejó deliberadamente sepultados o no, como evidencia de su cotidianidad, de sus

representaciones y re- apropiaciones (Gosden 2005, Hegmon and Kulow 2005, Chapman and Gaydarska 2007, Knappett 2012).

La cerámica de la que hago mención, atrajo la atención de muchos investigadores que como veremos más adelante han buscado comprender, de qué manera el surgimiento de la cerámica -como innovación cultural-, y el desarrollo de diferentes aspectos específicos de la tecnología alfarera (decoración, cocción, acabados, etc.) son importantes para comprender cronológicamente, similitudes y diferencias entre vestigios arqueológicos de una misma filiación cultural y su interacción con poblaciones portadoras de técnicas de manufactura distintas.

El Dr. César Villalobos, en su tesis de maestría define claramente la historicidad de este proceso, enunciando *cuatro actos* que explican las diferentes dimensiones que la investigación del desierto ha adquirido, y las implicaciones que los distintos matices académicos han tenido en la forma de explicar el pasado en esta región fronteriza a manera de *performance* (Villalobos 2008). Sus estudios han llevado a comprender históricamente las particularidades que configuran la tradición académica en el norte de México.

La definición del área arqueológica en términos discursivos se ha moldeado a través del tiempo conforme al avance de identidades nacionales y académicas. Los arqueólogos han recorrido los parajes sonorenses guiados por las ideologías y preocupaciones propias de su tiempo. La mayor de las veces, estos nómadas contemporáneos de jeans, sombrero y cucharilla al cinto han adoptado la forma de abordar el pasado humano desde su materialidad, desde una óptica completamente exógena a la realidad de las comunidades indígenas que han sobrevivido a los avatares del tiempo. Como bien hace notar Villalobos, el ámbito investigativo adquiere una personalidad específica donde “(...) *dos tradiciones -académicas- que se dan cita en una región de estudio. Se niega el particularismo histórico, los regionalismos exacerbados, el imperialismo intelectual y el chauvinismo nacionalista, a la vez que se afirman dos tradiciones de investigación (...)*” (Villalobos 2008).

En los años noventa, el arqueólogo norteamericano Randall McGuire (1997) después de abrir nuevos campos de investigación en la región, -

estableciendo puentes en la investigación binacional- dio cuenta de una serie de trayectorias culturales únicas que deberían tratarse en conjunto bajo la denominación de un amplio territorio geográfico. Él sería quien definiría dicha región como *Southwest/Northwest* (McGuire 1997).

La cerámica a analizada ha sido recuperada en nichos ecológicos diversos, escenarios de la reproducción social de grupos humanos que coexistieron en distintos niveles de interacción, en medio de particularidades culturales. Dicha evidencia arqueológica es casi *perenne* y se encuentra diseminada por vastas regiones del desierto, en donde las presiones sociopolíticas y demográficas jugaron un papel determinante en la movilidad y el intercambio de ideas (Pailes 2017). Allí el entorno biogeográfico del desierto de Sonora jugó un papel determinante al momento de apropiarse del territorio, pues es escenario compartido y disputado entre distintas poblaciones que habitaron el noroeste/suroeste.

Determinismo, nacionalismo y otros *ismos* entre finales e inicios del XIX y XX

Ahora es importante empezar mencionando un poco de la historicidad de este proceso. A partir del legado académico que por más de un siglo ha orientado el estudio de la cerámica arqueológica del desierto, en especial la que se encuentra decorada. Comencemos con William John McGee, quien fue el primer antropólogo que recorrió algunos asentamientos del pueblo *Seri (Comcaac)* ubicado en la Costa central del estado de Sonora entre los años de 1894 y 1895.

Él se desplazó visitando rancherías en el desierto y haciendo descripciones etnográficas de la cultura material entre pequeñas agrupaciones de familias semi-nómadas, emitiendo juicios de valor relacionadas con el carácter nómada de las poblaciones, su carácter belicoso y describiendo algunas relaciones de parentesco y vínculos económicos existentes al interior de una sociedad indígena diezmada por el asedio del naciente estado mexicano durante el siglo XIX. McGee describió la existencia de similitudes entre la cerámica producidas por los Seris que él visitó y los fragmentos que encontraba dispersos en el paisaje (McGee 1898).

La publicación de McGee sigue siendo significativa, ya que ofrece la primera discusión etnográfica sobre la cerámica Seri, antes de la utilización generalizada del metal, entre otras adopciones tecnológicas y alimenticias ligadas a los cambios ocasionados por la colonización del estado nación mexicano (Bowen 2005).

Una década después Ellsworth Huntington (1914) se adentra en el desierto sonorense y refiere varios cerros con muros de piedra llamados localmente “Cerros de Trincheras”. Propone por primera vez una interpretación teórica sobre el origen -lugares con modificaciones antrópicas- y funcionalidad de tales cerros de trincheras de Sonora, los cuales en su mayoría han sido registrados en el valle medio del río Magdalena (Huntington 1914). Él es recordado, por plantear una primera explicación sobre la existencia de aquellos cerros de trincheras, los cuales cumplirían funciones religiosas, militares y agrícolas, incluyendo el uso de las laderas con terrazas para cultivar.

Huntington consideraba entonces que una serie de cambios climáticos y la sobrepoblación como respuesta a factores de estrés ambiental, habría desencadenado un período de hambre, en donde los habitantes de la zona habrían tenido que construir terrazas especializadas para defenderse y, sobre todo, como medida para proteger los productos agrarios. Huntington marcaría toda una época de la investigación de inicios del siglo XX, en donde los Trinchereños serían entendidos como parte de la cultura Hohokam, una suerte de familia lejana, confinada en el desierto bravo, viviendo bajo condiciones ambientales diferentes que les impidieron algunos desarrollos sociales.

Ahora podemos afirmar, no solo que dicha consideración se queda corta, sino también, que es errada, en tanto que las evidencias nos muestran una sociedad independiente y con variantes propias, que en momentos tardíos interactuó en distintos ámbitos con las otras sociedades foráneas.

Más adelante, varios autores reconocen su importancia pionera en la región, pero coinciden en afirmar que las teorías de Huntington se encuentran en un marco teórico marcado por el determinismo ambiental (Villalpando 2000, Villalobos 2008, Chiykowski 2016, Claypatch 2018).

¿Trincheras? - ¿Púrpura? El nacimiento tipológico de una cerámica decorada atípica.

El estudio de la cerámica arqueológica en Sonora formalmente inicia a mediados de la década de 1920 con las descripciones de los esposos Harold y Winifred Gladwin (1929), quienes en un primer intento por definir los límites geográficos de la tradición “*Red-on-Buff*” ubicada al sur de la cuenca del río Gila y Tucson -tradición arqueológica que posteriormente se incluirá dentro de la cerámica pintada de la Cultura Hohokam-, incluyen en sus recorridos algunos sectores del norte del estado mexicano.

Allí identifican la existencia de una cerámica decorada diferente en su manufactura, la cual consideran más burda, antigua y “menos desarrollada” que la Hohokam, definiéndola como “*Sonora Red on Brown*” ó “*Sonora Red on Buff*” (Gladwin and Gladwin 1929). Hoy en día su trabajo es reconocido como una valiosa descripción inicial para la definición de dicha área de cultural. Sin embargo, años más tarde dicho tipo cerámico sería descrito en mayor detalle y renombrado formalmente por otros importantes autores como “*Trincheras Púrpura sobre Rojo*” (Sauer and Brand 1931), denominativo que aún mantiene (Foto 1)¹.



Foto 1. Tipo Trincheras púrpura sobre rojo. Muestra 2, sitio (SON:E:13:6), bolsa 36041

¹ Todas las fotos e imágenes incluidas en esta tesis provienen del archivo fotográfico del *Proyecto Bahía Tepoca*, a excepción de que se manifieste lo contrario.

En esa misma década, Carl Sauer y Donald Brand (1931) fueron un par de geólogos norteamericanos que, durante los años 1920, recorrieron algunos poblados a lo largo del Valle de Altar y Magdalena en el estado de Sonora. Hicieron descripciones geológicas y a su vez recolectaron sistemáticamente información valiosa sobre sitios arqueológicos y costumbres de los indígenas ubicados entre Sonora y Chihuahua; ampliaron así, las fronteras de esta tradición arqueológica con cerámica decorada.

Son ellos los primeros en describir en esta cerámica decorada, materiales colorantes rojizos de origen mineral (*Specular Hematite*). Dicho mineral cuenta con propiedades iridiscentes, y se encuentra aplicado sobre la cerámica a manera de diseños dispuestos en patrones geométricos visiblemente diferentes a los del área Hohokam.

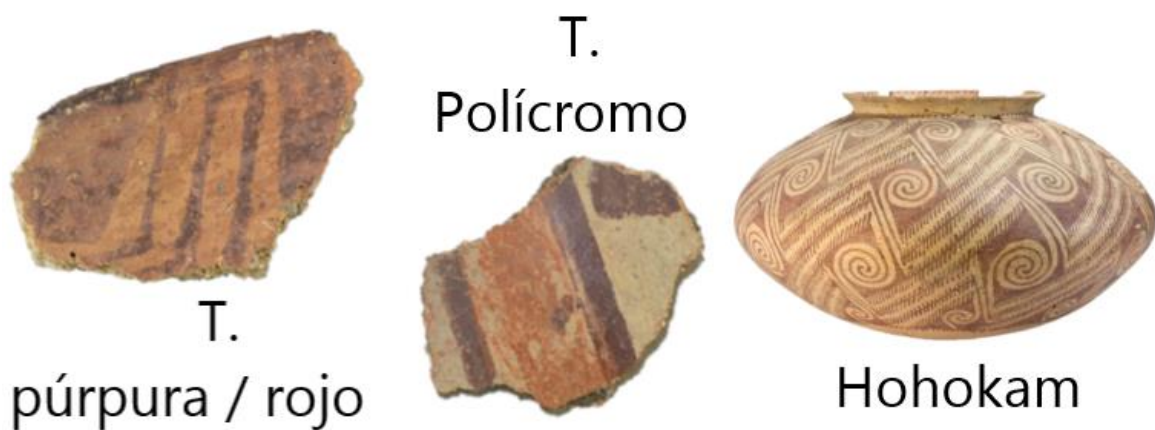


Foto 2. Principales tipos cerámicos decorados hallados en Sonora.

Esto demuestra que no solo la decoración estilística, sino también la manufactura es distintiva, pues cuenta con un marcado trabajo de cepillado interno. Esta última característica sería más adelante, un rasgo distintivo perteneciente a lo que ellos definirían como las “cultura Trincheras”, adscribiendo dicha cerámica como del tipo “Púrpura sobre rojo (Sauer and Brand 1931). Junto con la descripción de este primer tipo, anotan la existencia una variedad *Policroma* -posiblemente más tardía-, la cual difiere un poco de la anterior cerámica al influir diseños sobre secciones con engobe sobre superficies crema (Foto 2).

Adicionalmente, estos investigadores conocedores de las propiedades del suelo reportan evidencias geológicas que demuestran que la aridez de la región (y en especial los cerros de trincheras) no eran consecuencia de un colapso ambiental provocado por la sobreexplotación del ser humano como lo afirmaban las ideas un tanto deterministas que promulgaba Huntington (1912), sino más bien, se deben a características geológicas típicas de entornos desérticos.

En las décadas siguientes, no se reportan con claridad investigaciones arqueológicas en la región sonoreense, quizá los conflictos bélicos y depresión económica vivida en los Estados Unidos durante las décadas de los veinte y treinta (1920-1930), no generó condiciones propias para la investigación académica en campo en esta región. Aunque, como se mencionó en el capítulo anterior, investigadoras como la Dra. Florence M. Hawley Ellis (1930) y la Dra. Anna O. Shepard (1956) realizaron importantes investigaciones de gabinete, en donde por primera vez, se intervienen con técnicas y metodológicas provenientes de la química y la geología, fragmentos de cerámica decorada representativa de las sociedades que habitaron la gran región del *Southwest/Northwest*. Sin embargo, durante los años cuarenta (1940) la revista norteamericana *The Kiva*, se consolida como la primera en publicar periódicamente investigaciones arqueológicas sobre el desierto, las cuales marcarán el inicio de un periodo muy activo de investigaciones norteamericanas en la región.

En escena aparece Arnold Withers (1941) quien es muy importante en la discusión sobre la tecnología pictórica presente en la cerámica trincheras, pues gracias a sus excavaciones en *Valshni Village* (un sitio al sur de Arizona), propone la primera descripción formal de la cerámica *Trincheras Purpúra sobre rojo*. Él propone, después de observar y comparar la colección obtenida en dicho sitio arqueológico, subdividir aquellas que tienen un brillo especular y las que no lo tienen en dos tipos diferentes. Al respecto, es el primero en señalar que:

“There were two varieties of this type, distinguished partly by the fact that the paint of one contained specular iron and that of the other did not”.

(Withers 1944)

Aduciendo que podrían corresponder a fuentes de materia primera con procedencias disimiles, sugiere entenderlos como dos tipos diferentes. Además, identifica la existencia de más variantes policromas, las cuales denominas *Trincheras* y *Altar Policromos* (Withers 1941, Johnson 1960).

Como veremos más adelante, es importante reconocer que esta propuesta no debió pasarse tan a la ligera en las discusiones posteriores sobre el carácter de esta particularidad óptica en la cerámica. Pues muy desde el inicio de la clasificación cerámica, la propuesta tipológica de Arnold Withers (1941), señalaba claramente la importancia de estudiar las particularidades ópticas presente en el pigmento, de manera diferencial. Como se demuestra en el presente estudio, los fragmentos del tipo *Trincheras púrpura sobre rojo*, decorados con *hematita especular*, son de diferentes químicamente al resto de fragmentos decorados incluidos dentro en este tipo, y **no** son producto de un acabado infringido por la alfarera, como lo argumentaran más tarde Johnson (1960) y McGuire-Villapando (1988).

Segunda mitad del siglo XX, mismas preguntas con nuevos enfoques y propuestas

El primer investigador en proponer para esta región una explicación crono temporal a la coexistencia de materiales arqueológicos en una misma área es, Thomas Hinton (1955), quien pasa a la historia de la arqueología regional al ser el primero en realizar una prospección sistemática en el estado de Sonora, específicamente en el Valle del Altar. Durante estos recorridos confirma que en los cerros terraceados documentados en el municipio de Trincheras-Sonora, existe cerámica *Púrpura sobre Rojo*, corroborando la existencia de cerámica decorada con *pintura especular* como la descrita por Withers (1941) y decide continuar con las propuestas tipología propuesta por dicho autor, separando lo fragmentos decorados con pintura especular y los que no (Hinton 1955).

El mismo autor plantea que dichos asentamientos forman parte de un *continuum* cultural con diferentes temporalidades y compara la población de tradición *trincheras* con las comunidades *Hohokam* del norte, con la premisa de que los primeros son una variante ecológica de los segundos (Hinton 1955). Hinton buscaba evaluar los procesos de interacción entre las sociedades

Trincheras con dinámicas de movilidad y expansión del área *Hohokam* en Arizona. Esta discusión es clave para entender la forma en la que se formularon las preguntas de investigación y los intereses académicos por resolver preguntas relacionadas con la historia cultura del área *Hohokam* desde regiones “periféricas”, en este caso, el área *Trincheras*. Estas primeras hipótesis, serán determinantes al momento de abordar la cerámica, pues este material se ha convertido tradicionalmente en un marcador crono- cultural importante.

A finales de la misma década, Alfred Johnson (1960) realiza su tesis de maestría con materiales recuperados sistemáticamente en el sitio “La Playa”, reportando de la misma manera –entre otros materiales más antiguos- la existencia de cerámica pintada del tipo *trincheras púrpura sobre rojo*. La diferencia en su trabajo con respecto a la cerámica decorada es que, por primera vez, contradice lo dicho por Withers (1941) y propone que la diferencia existente entre fragmentos con hematita y sin hematita, **no** corresponde a fuentes distintas de materias prima. Y que dicha condición se debe más bien, a un acabado intencional en la manufactura del recipiente por medio del pulido que efectúa la alfarera sobre la decoración del recipiente ya terminado. El autor decide unir dichas diferencias en un mismo tipo cerámico denominado “*Trincheras Púrpura sobre Rojo*”:

“(...) *this ceramic type was manufactured from specular hematite; ranges from sherds with no specular qualities to those with large quantities of shining crystals, depending on whether or not the vessel was polished over the decoration, which process tends to obliterate the specular qualities; majority only slightly specular (...)*”.

(Johnson 1960)

Cabe mencionar que la investigación de Johnson ahonda en otros aspectos interesantes para definir la sociedad *Trincheras*, como el trabajo en concha y sus diferencias entre las tecnologías de fabricación de brazaletes. Además es el primero en generar propuestas sobre la utilidad de aplicar técnicas como la comparación tipología por medio del análisis petrográfico, entre otras interpretaciones novedosas que guiarán las futuras investigaciones en dicho sitio (Johnson 1960).

Sin embargo la homogenización de este tipo cerámico a mi juicio, ha impedido la reflexión sobre otras posibles explicaciones sobre esta marcada diferencia en la decoración presente en la cerámica Trincheras, la cual es diagnóstica para entender la adopción de las manifestaciones decorativas con color en comunidades de la fase Atil (200-800 d.C.), precursoras de posteriores tradiciones alfareras famosas cuya pintura en cerámica destaca en el suroeste de EEUU, tales como las Mimbres y Hohokam (Nelson and Gilman 2017).

Cruce de caminos para gigantes caminantes. Panorama crono-cultural en Sonora prehispánica

En la década del sesenta, la división de prehistoria del INAH consolida su presencia en Sonora a la cabeza de Miguel Messmacher, quien realiza estudios descriptivos y algunas excavaciones en la cueva de “*La Pintada*” donde existe una gran estación de arte rupestre (Messmacher 1981). Este estudio es importante porque realiza pesquisas relacionadas con el origen del color plasmado en estas representaciones culturales, destacando su importancia a nivel regional.

Aquí es importante decir que durante las décadas de 1960 y 1970 se consolidan una serie de trabajos arqueológicos en el estado, que comienzan a configurar un esquema cultural sólido, que dan cuenta de una ocupación humana por más de 10.000 años. Para aquel momento ya se ha logrado identificar la existencia de marcadas diferencias culturales regionales; a nivel tecnológico y tipológico la cerámica ha jugado un papel fundamental a la momento de organizar el esquema cronológico de ocupación (Villalobos 2008).

En esta década, William Wasley (1968) inicia una serie de reconocimientos de superficie en la sierra este de Sonora, buscando entender el posible origen de algunas migraciones en dirección norte. En el marco de las investigaciones llevadas a cabo por Wasley, se emprenden reconocimientos en áreas distantes a la sierra madre occidental (Wasley 1968), en donde poco a poco se identifican movimientos poblacionales que serán entendidas con mayor claridad en investigaciones posteriores a lo largo de la cuenca del Gila-Arizona (Wasley and Doyel 1980).

En el marco de dichos trabajos, entra en escena Thomas Bowen, quien siguiendo los preceptos de Wasley, dirige su interés hacia la costa central de Sonora realizando recorridos bordeando la costa del estado de norte a sur. Durante sus recorridos, describe sitios, caracteriza las diferencias entre la cerámica encontrada en la macrorregión y sugiere una larga continuidad de tradiciones alfareras y modos de subsistencia costero particulares, al tiempo que define que las comunidades Seri se presentarían en este panorama cultural, como los portadores de la historia más tardía de ocupación en el área (Bowen 1976).

A partir de estos recorridos Bowen, describe dos cerámicas Trincheras decoradas, pero al notar que existen diferencias sustanciales entre las formas de cocción y el acabado de dichas cerámicas pintadas. Distingue la existencia de un grupo de cerámico sin alisado, cuyas superficies, al momento de la cocción, no adquieren color rojizo. Mientras que otro grupo si se encuentra alisado y su coloración es más rojiza debido a la aplicación de un baño de engobe. De tal manera que hace la distinción, nombrándolos los tipos cerámicos como: *Trincheras púrpura sobre rojo* para el que se encuentra alisado con engobe y *Trincheras púrpura sobre café* para el que no. Anota que este último tipo sería más tardío que el que presenta el engobe (Bowen 1972, Bowen 1993).

Mediante al análisis de los materiales recuperados en sus recorridos, Bowen logra identificar lo que para él son lazos tardíos entre la cultura Hohokam y desarrollo cultural Trincheras, al encontrar cerámica foránea. Fruto de este trabajo creó la primera cronología de la región, dividida en cuatro estadios o fases. La **fase I** (etapa inicial) la correlaciona con el periodo arcaico que en la actualidad se acepta cronológicamente entre el 6 000/6 500 a.C. y 500 d.C. (Villalobos 2018). Esta fase se caracteriza por una diversidad de tecnologías líticas asociadas a la caza de megafauna con una marcada diversidad de formas desarrolladas a nivel regional que nos hablan de un proceso de captación de recursos ampliamente diversificado que incluye vegetales, semillas, y el componente faunístico obtenido en distintos escenarios, lo cual implica una movilidad humana extensa.

La siguiente **fase II** (escenario aislacionista) (300-800 d.C.) fue similar a la etapa que la precedió, pero con la aparición de formas de agricultura temprana

y cerámica decorada del tipo *Trincheras púrpura sobre rojo*, que como se mencionó en el capítulo anterior (Tabla.1), es el periodo al que corresponden los materiales que se analizaron. Bowen es enfático en considerar que la interacción entre Hohokam / Trincheras solo comienza en la **fase III** (escenario intercambio) (800-1300 d.C.) que se caracteriza fundamentalmente por el comercio de objetos en concha. Esta fase se asocia con cerámica *Trincheras púrpura sobre café* y la cerámica policromada descrita previamente por Withers (1941).

Bowen define la última **fase IV** entre (1300-1450 d.C.) a partir de intrusión de cerámica foránea que incluyendo los tipos *Gila policromo*, *Tucson policromo* y *Chihuahua policromo* descritos por Wasley (1964). Por demás, Bowen sugiere en su modelo, que las comunidades *Hohokam* del sur de Arizona son la inspiración para los aldeanos Trinchereños quienes vivían principalmente en las zonas fluviales del norte y centro del estado de Sonora. En consecuencia, muchos investigadores estadounidenses vieron la tradición Trincheras como remanso cultural de menor importancia, subdesarrollado en comparación con el núcleo cultural Hohokam (Chiolkowski 2016).

En la década del sesenta, quedan establecidas las cinco (5) tradiciones regionales del periodo cerámico en la región. Todas a saber, según Villalpando (2000) y Villalobos (2008), adquieren nombre locativo y apellido de paternidad por cada investigador que los reporta. De esta manera se les conoce coloquialmente como “Trincheras-Sauer y Brand”, “Huatabampo- Ekholm”, “Costa Central-Bowen”, “Río Sonora-Pailes” y “Casas Grandes-Lister” (Villalobos 2008).

La delimitación de estas tradiciones cerámicas a nivel regional fue fundamental para establecer complejos culturales y para entender de manera diacrónica, las trayectorias sociales entorno al desarrollo de tecnologías particulares y adaptación a necesidades locales, como el suministro y almacenamiento de agua o la ocupación estratégica de cerros.

Ni del norte, ni del sur. La consolidación de una visión académica propia

Durante las décadas de 1970, 1980 y 1990, Beatriz Braniff ejecutó intensas investigaciones en el estado, que ayudaron definir fronteras culturales y proyectar futuras investigaciones sobre interesantes áreas de interacción entre

la sierra y la planicie. Su importancia en la arqueología de Sonora radica *grosso modo*, en que sus análisis sistemáticos a lo largo de amplias regiones del estado demostraron marcadas diferencias entre los ejemplos comparativos de la tradición cerámica Hohokam y Mogollón frente a las cerámicas Trincheras. Estas se distinguen por una tecnología manufacturera que incluyen el enrollado y raspado interno como elemento característico. Postula que, la alfarería *Trincheras* claramente hace parte de una tradición cerámica local. En particular, nos compete mencionar que realiza excavaciones en el sitio *La Proveedora* (SON: E:8:5), uno de los sitios de donde provienen una parte del material analizado en esta tesis. Allí la autora reporta importantes concentraciones de cerámica decorada del tipo Trincheras púrpura/ rojo (Braniff 1992).

Durante estos años es loable la labor tanto de Beatriz Braniff como de Arturo Oliveros en cuanto a la gestión administrativa y burocrática para realizar investigaciones arqueológicas de carácter institucional en la región, así como la divulgación del patrimonio arqueológico en medio de una población conformado históricamente por fuertes procesos de colonización mestiza sin conocimiento del basto pasado prehispánico que les precede.

Estos dos investigadores sentaron las bases de la investigación mexicana en la región, al momento de fundar el Centro Regional del Noroeste- INAH en 1973 incluyendo las Bajas Californias, Sinaloa y Sonora. Su labor giró en torno a la investigación de archivo y en gran medida al reporte, investigación, difusión y cuidado de sitios arqueológicos, mientras se afianzaba un diálogo e interacción académica permanente con los colegas estadounidenses y las investigaciones realizadas por ellos en la región, por medio de la realización de simposios y periódicas publicaciones bilingües.

A finales de los ochenta se realizan importantes investigaciones de carácter binacional sin precedentes, encabezada por Randall McGuire y Elisa Villalpando (1988) quienes recorren extensas áreas en el Valle del río Altar, documentando nuevos sitios con materiales que dan cuenta de una larga y diversa periodicidad cultural. Ellos planean y ejecutan un exitoso proyecto regional de larga duración abordando sitios arqueológicos y regiones estratégicas que hasta la fecha siguen clarificando diversos aspectos de las sociedades del área Trincheras. Consolidan - entre otras cosas- una sólida tipología cerámica aún vigente,

apoyada en una extensa revisión de antecedentes, constatada a partir de la comparación de voluminosas colecciones de referencia ubicadas en museos y casa de la cultura en ambos lados de la frontera internacional (McGuire and Villalpando 1988, McGuire and Villalpando 1993).

Consolidando el extenso bagaje investigativo que los precede, los mismos autores (1993) deciden retomar la propuesta tipológica de Bowen (1972) dividida en cuatro fases, enriqueciéndola con la aplicación del nombre de algunos los sitios más representativos hallados durante la prospección en el Valle de Altar. Coinciden en definir tres fases culturales en donde engloban una serie de rasgos culturales distintivos. A saber, la fase **Atil** (200-800 d.C.) caracterizada por la utilización de cerámica de uso doméstica y platos de servicio decorados del tipo *Trincheras púrpura sobre rojo y rojo sobre café*; seguida de la fase **Altar** (800-1300 d.C.) donde se consolidan procesos de ocupación en los cerros de trincheras que termina con la fase **El Realito** (1300 – 1450 d.C.) marcada por un cambio en el patrón de asentamiento y la desaparición de cerámica decorada de producción local, que coincide con la irrupción de cerámicas policromas foráneas provenientes del sur de Arizona pertenecientes a la tradición Hohokam.

Finalmente puntualizan que al interior de las fases subsiguientes denominadas *Santa Teresa, Oquitoa y Tohono O'odham* se distinguen por un periodo traumático de contacto, marcada por la evangelización católica de la región mediante la instauración del sistema de control misional durante el período protohistórico/colonial (siglos XVII-XVIII) y la posterior dinámica poblacional del pueblo O'odham, caracterizada por los constantes conflictos bélicos del siglo XIX a raíz del control ejercido por el naciente estado mexicano (McGuire and Villalpando 1993).

De esta manera, las décadas de 1980 y 1990 se consideran actualmente como un resurgimiento en la investigación en Sonora, debido en parte, a la fundación del Centro INAH en Hermosillo. Claro, con el precedente institucional efectuado por el Centro Regional Noroeste INAH desde 1973, se orientaron nuevas investigaciones de carácter binacional, afianzando una permanente colaboración entre varias instituciones, principalmente la Escuela Nacional de Antropología e Historia, la Universidad de las Américas, el Arizona State Museum y The Binghamton University. Estas instituciones -comenta Villalobos-, han

desarrollado un enfoque “(..) *integral, tratando de analizar el sitio a partir de una historia de larga duración que incluye tanto a los períodos que oscilan desde el Paleoindio hasta a la época contemporánea*” (Villalobos 2008).

Con ello se ha pasado sustancialmente de entender las manifestaciones culturales como fenómenos aislados de desarrollos locales, a buscar líneas de evidencia artefactual que sirvan para establecer relaciones entre diversas poblaciones. Las evidencias indican que, pese a que cohabitaban en una macrorregión con características similares, probablemente sus asentamientos más estables ocuparon distintos nichos ecológicos, permitiendo el desarrollo de procesos de adaptación cultural específicos. Esto pudo ser determinante en la interacción grupal, al momento de establecer redes de intercambio de materiales y/o la disputa por el control de lugares que presentaban algún tipo de beneficio.

Esto es un gran logro para la arqueología regional que ha pasado a narrar una historia cultural desde unos pocos contextos particulares -que en principio se limitaban en describir la existencia, o no de *Cerros de Trincheras* – a enfocarse en la identificación de dinámicas internas en cada asentamiento, unidades de vivienda y talleres que, sin importar su extensión, son comparados posteriormente frente a otros asentamientos, para encontrar diferencias y similitudes en el comportamiento en el patrón de descarte de los materiales a través de sus dinámicas de ocupación. La identificación de desarrollos sociales independientes al interior de dicha área cultural es la premisa de las investigaciones centradas en sitios con una enorme diversidad de materiales y temporalidades.

Esto plantea la necesidad de recordar que esto no siempre fue así, pues todas las investigaciones realizadas por arqueólogos antes de los años setenta eran realizadas de norte a sur (E.U-México) y, se formularon en busca de dar respuesta a preguntas sobre desarrollos y conexiones existentes en la tradición arqueológica del Suroeste de Norteamérica, sin buscar despertar un sentido identitario sobre las poblaciones nativas de la actualidad, como más tarde sí lo harían otras investigaciones. Por ejemplo, en el municipio de Magdalena de Kino, Jorge Olvera (1998) encabeza la búsqueda de los restos del padre Eusabio Francisco Kino, pionero Jesuita fundador de las principales misiones evangelizadoras en la región, cuyo hallazgo despertarían interés por las

investigaciones arqueológicas ligadas a una identidad estatal (Olvera 1998, Villalpando 2002, Villalobos 2008).

Actualmente, el aumento de programas de salvamentos por parte del INAH y proyectos de reconocimiento en superficie de manera sistemática por parte de diferentes investigadores, han logrado expandir algunos conocimientos que se tenían en materia de “fronteras” y “áreas” culturales. Cada vez, se hacen más evidentes las intensas relaciones regionales, el flujo de personas entre regiones distantes y, por ende, la diversidad de objetos, tecnológicas e ideas que a lo largo de los siglos se compartieron en el desierto Sonorense. Sin embargo, a mayor cantidad de rasgos culturales particulares, mayor es la necesidad de generar consensos al momento de proponer tipológicas y documentar el material recuperado (Claypatch 2018). Circunscribiendo los hallazgos no solo a temporalidades y grupos humanos, si no también, situando su relación geográfica en función de rutas, sitios de aprovechamiento de recursos y entre otros contextos que ayuden a comprender las dinámicas intra- regionales.

La sociedad Trinchereña vista desde el cerro y el cerco de piedra

Durante esta misma década los esposos Paul y Suzanne Fish (1997), generan investigaciones en el Valle de Magdalena y en inmediaciones del sitio Cerro Trincheras, aunando elementos que evidencian procesos socioculturales que inciden sobre el desarrollo local. Dos de los sitios que han arrojado más luces sobre dichos procesos han sido investigados por varias instituciones de manera multidisciplinaria desde principios de los años noventa. El sitio *Cerro de Trincheras* y *La Playa*, son claves para entender diferentes aspectos de la historia cultural en la región. Ambos se encuentran a menos de quince kilómetros entre sí. Sin embargo, no parece haber ninguna ocupación contemporánea entre *La Playa* y *Cerro Trincheras*.

Por una parte, *La Playa* cuenta con importantes evidencias de ocupación temprana (12.000 AP) lo cual posibilita abordar una amplia gama de aspectos sobre las condiciones de vida desde tiempo milenarios. Este sitio ha aportado información invaluable en cuanto a la identificación de cambios ambientales, ha sido determinante para comprender los patrones de subsistencia asociados a la domesticación de plantas y animales a lo largo de miles de años. Las respuestas

culturales a cambios abruptos, conduce a la aparición de fenómenos sociales como la sedentarización y la adopción de tecnologías que llevaron a la propagación de la agricultura temprana y la aparición de manifestaciones alfareras tempranas (Carpenter and Sanchez 2012, Carpenter, Sánchez et al. 2015, Villalpando and McGuire 2017, Carpenter, Sánchez et al. 2018).

Mientras, el *Cerro de Trincheras* cuenta con una intensa ocupación para el periodo cerámico, con presencia de arquitectura en piedra que sugiere la organización jerarquizada del espacio. Objetos foráneos como la cerámica Hohokam, cobre y concha señalan la existencia de redes de intercambio y comunicación a gran escala. La ubicación estratégica de las terrazas apunta a la existencia de necesidades defensivas del mismo, derivadas de posibles tensiones étnicas interregionales, agudizadas para las fases más tardías de la ocupación del sitio (McGuire and Villalpando 2007, Villalpando and McGuire 2009, Chiykowski 2016, Chiykowski 2017).

En resumidas cuentas, ambos sitios muestran transiciones importantes en cuanto las costumbres funerarias, los modos de vida y el surgimiento de tecnologías líticas y cerámicas diferentes a lo largo del tiempo. En estos dos sitios arqueológicos se han consolidado exitosos proyectos de investigación que no solo han llenado vacíos sobre los distintos momentos de ocupación del desierto, sino también, han ayudado a refinar procedimientos y metodologías que involucran una gran diversidad de aproximaciones multidisciplinarias (Villalpando and McGuire 2017). La vinculación de ramas como la biología y la geología han logrado complementar el panorama ambiental al interior de una secuencia de ocupación humana de larga duración, además del conocimiento sobre las dinámicas ecológicas que fueron escenario de distintas sociedades (Cruz, Sánchez et al. 2018).

La cerámica Trincheras púrpura sobre rojo / café: metamorfosis de una definición.

Como hemos visto, a lo largo del tiempo la cerámica objeto de estudio ha tenido dos denominaciones "*Sonora Red on buff*" (Gladwin y Gladwin (1929:)) y "*Trincheras Purple-on-brown*" Sauer y Brand (1931). La descripción sobre la variabilidad en las tonalidades del color y particularidades estilísticas, no han

compartido los mismos criterios. Sin embargo, esta cerámica es reconocida en la literatura arqueológica como un importante marcador cronológico y cultural. Dichas decoraciones con pigmento se encuentran concentradas en tres formas de recipientes ligadas a la cocción y almacenamiento de alimentos y bebidas, a saber; ollas, cuencos y tecomates, cuyo uso fue masivo en los asentamientos del primer milenio de nuestra era -fase Atil (200-800 d.C.)-.

A fin de puntualizar aspectos relevantes sobre el proceso de construcción tipológica propuesta por los arqueólogos para entender la alfarería desarrollada por las sociedades trincheras, es importante advertir que en el caso de la cerámica *Trincheras púrpura sobre rojo*, algunos ejemplares presentan características ópticas particulares en el pigmento. La luminosidad es atribuida a la presencia de altos contenidos de hierro (Fe) en forma de espéculas iridiscentes (*hematita especular*). McGuire y Villalpando (1988-1993) comparten la opinión de Johnson (1960) y señalan que:

“Cuando los ceramistas Trincheras, pulieron sobre la pintura en algunos tiestos, arrasaron con la hematita y la volvieron no especular”.

(McGuire and Villalpando 1988)

“(...) los ceramistas trinchereños pulían, en algunas ocasiones, los diseños terminados lo que provoca que la hematita desaparezca y no brille (...)”

(McGuire and Villalpando 1993)

Sin embargo, como veremos más adelante, esta propiedad óptica es producto de la obtención de pigmentos diferentes, logrados a partir de la utilización de materiales colorantes específicos, con una composición elemental definida por la mezcla de distintos minerales en estado de oxidación que, usualmente, no se ven alterados químicamente por las aplicaciones de acabados de manufactura en superficie como el pulido o el bruñido.

Varios autores estiman que la cerámica Trincheras decorada, fue desarrollada durante la fase Atil (200-800 d.C.) y su frecuencia de deja de rastrear para el inicio de la fase Altar (800-1300 d.C.) sin que se pueda dar una explicación contundente al respecto (Bowen 1993, Villalpando and McGuire 2009, Claypatch 2018, Villalobos 2018). Los límites temporales para dicha tradición, aún se siguen definiendo conforme avanza la investigación de nuevos

sitios y se refinan dataciones. Las últimas investigaciones en el sitio *La Playa*, han logrado obtener dataciones de C14 en contextos en donde la cerámica Trincheras Púrpura sobre rojo, cronológicamente se ubica en el siglo IV de nuestra era (Carpenter, Sánchez et al. 2015, Claypatch 2018).

En años más recientes y basándose en las diferencias técnicas y tecnológicas, temporales y estilísticas ampliamente documentadas, varios investigadores (Gallaga 2011, Abrego, Gómez et al. 2016, Chiykowski 2016, Claypatch 2018) han evidenciado diferentes aspectos de la alfarería Trincheras. Emiliano Gallaga (2004) ha realizado distintas comparaciones petrográficas entre tipos cerámicos de un mismo sitio, y ha establecido su origen a nivel local por medio de las similitudes texturales y micromorfológicas de los desgrasantes.

El mismo autor realizó la identificación de tipos foráneos con características estilísticas diagnósticas procedentes de regiones geográficas relativamente distantes como Arizona y Chihuahua, las cuales confirma la existencia de contactos entre los sitios Trincheras y estas áreas culturales (Hohokam y Casas Grandes), por lo menos durante las ocupaciones más tardías. Por otro lado, propone la existencia de relaciones de poder y prestigio producto de una posible estratificación social evidenciada a través de la distribución espacial de cierto tipo de cerámica policroma a lo largo de sectores destinados a actividades de carácter ritual y privado en el sitio *Cerro de Trincheras* (Gallaga 1997, Gallaga 2004, Gallaga 2011).

Por otro lado, el trabajo de Tanya Chiykowski (2016 - 2017) sobre en la Fase Realito (1300 y 1450 d.C.) con la cerámica del Cerro de Trincheras ha demostrado la existencia de un tipo cerámico (Lisa3) que, aunque no es decorado, muestra características manufactureras en las cuales se combinan propiedades tecnológicas compartidas entre el área Hohokam y la Trincheras propiamente dicha (Chiykowski 2017). Es decir, mientras que en el área Hohokam para esta época se elaboran los recipientes por paletado sobre yunque, en el área trincheras se realizaban por enrollado y alisado exterior con un distintivo cepillado interno. Estos análisis se lograr gracias a diferentes estudios petrográfico de las pastas y a la observación de marcas distintiva en los acabados internos y otras características de la manufactura en general.

Para esta autora, la técnica de elaboración, la materia prima de origen local, los acabados internos e incluso la densidad del material sugiere la existencia de un periodo transicional de hibridación cultural, provocado por mujeres alfareras cautivas provenientes del área Hohokam que modelaban los recipientes por paletado, pero agregaron acabados internos característicos de la tradición trincheras (Chiykowski 2016). Estas evidencias se manifiestan en la tecnología alfarera y se suman a otras recopiladas en el valle de Magdalena, en donde el cambio en el patrón de asentamiento defensivo, indica un periodo álgido de conflictos y tensión social generalizada (Villalobos 2011, McGuire and Villalpando 2015).

CAPÍTULO III: YACIMIENTOS
ARQUEOLÓGICOS Y MATERIALES

Introducción

En esta sección se presentan primero, los sectores arqueológicos que integran el área de estudio, su ubicación en coordenadas y algunas características geomorfológicas, locativas y ecológicas que ayudan a ubicar el panorama general de la importancia de cada uno, en función de la relación con los otros sitios y la región en general. En la segunda parte se hace alusión al tipo y cantidad de fragmentos cerámicos decorados que fueron la base para la ejecución de los análisis que se presentan más adelante en el Capítulo 5.

A fin de ofrecer una marco comparativo y representativo para esta primera propuesta interpretativa sobre la relación fisicoquímica existente entre la cerámica decorada del tipo *Trincheras púrpura sobre rojo/café* partir de su distribución espacial, se eligieron de Sur a Norte tres sectores. **Paredones SON: E: 13:1, Provedora SON:E: 8:5 y Tanques SON: E: 9:3.** La nomenclatura de los sitios y sectores es la que se ha manejado por más de treinta años en el área de estudio (Figura 2). Dos de los sectores se encuentran ubicados en la costa (SON: E: 9:3 y SON: E: 13:1) separado entre sí, por al menor 30 km lineales de norte a sur. Mientras que el tercer sector (SON: E: 8:5), se encuentra ubicada tierra a dentro, entre unos 60 y 70km aproximadamente de los sectores costeros.

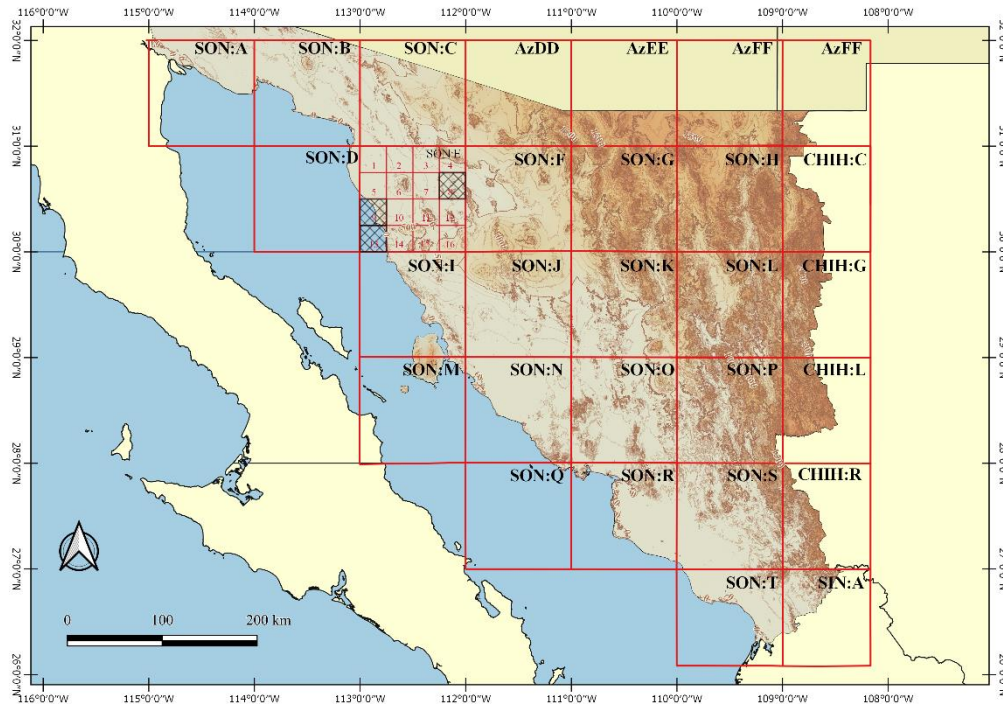


Figura 2. Sistema espacial de registro arqueológico usado en Sonora, con cuadrantes en mención, marcados con achurado. Elaboración Elesban Carvajal-2019.

A continuación, se contextualizarán los sitios que integran cada uno de los tres sectores mencionados anteriormente, derivados de la selección de cerámica decorada reportada en ellos durante las recolecciones superficiales de material arqueológico. La densidad de cerámica seleccionada fue definida en función del estado de conservación y no siempre fue la misma en cada sitio.

La Proveedora (SON: E:8: 5)

Es un importante sitio arqueológico ubicado a escasos 7.5 km del casco urbano del municipio de Caborca por la carretera federal N° 44 en dirección suroeste hacia “Desemboque”. Sus coordenadas geográficas están a los 112°15'40” de Longitud W y 30°40'45” de Latitud N, se localiza en la carta topográfica INEGI Caborca H12A66 escala 1:50,000 (Figura 3). El sector se encuentra circunscrito por un área aproximada de 1100 Hectáreas, cuyo eje central son un par de promontorios montañosos (Cerro San José– Cerro Proveedora). Un sector hace parte de una propiedad privada (Puerto Blanco) y el otro es de carácter ejidal a orillas del curso medio del río Magdalena-Altar.

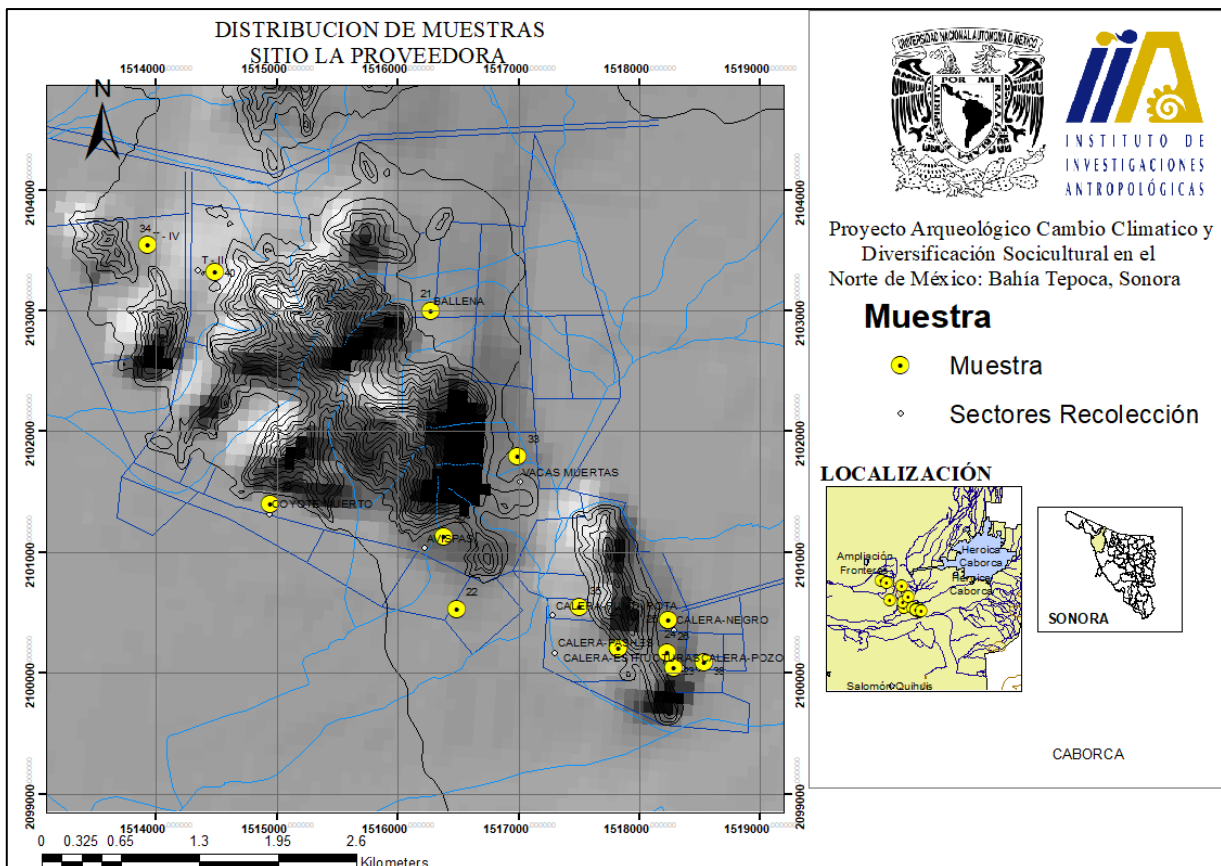


Figura 3. Sector Proveedora y ubicación de las muestras en los diferentes sitios de recolección. Elaboración del autor.

El proyecto ejecutado por Villalobos en 2003 recuperó materiales en superficie a partir de una sectorización de sitios en función distintas características observadas en el paisaje como su acceso, la visibilidad, algunos elementos constructivos y algunas manifestaciones rupestres que dan ciertas particularidades a cada sector en los alrededores del promontorio montañoso. La revisión de la colección cerámica clasificada en dicho proyecto, indican concentraciones de materiales decorados, particularmente en el sitio “Calera” (Foto 3); de allí provienen 13 de los 20 fragmentos seleccionados en este sector. Los otros 7 puntos de recolección se denominan: “Ballena”, “Insolación”, “Avispas Terraza”, “Vacas Muertas”, “T4”, “T2” y “Coyote Muerto”. Todos los fragmentos de este sector llevan un número consecutivo que va del 21 al 40.



Foto 3. La proveedora. Sector / San José

La Proveedora cuenta con evidencias arqueológicas que se encuentran dentro de un rango temporal que va aproximadamente del siglo III d.C. al siglo XV (Hinton 1955, Braniff 1992, Villalpando 2000). Sin embargo, cabe señalar que la industria lítica que se ha recuperado en este sitio, podría corresponder morfológicamente a puntas de Proyecto tipo Pinto, San Pedro y Ciénega las cuales son distintivas para la región, desde el Holoceno medio (ca 5000-3000 a.C.) (Villalobos 2003).

El principal rasgo distintivo de este sitio arqueológico es la presencia de una vasta iconografía plasma en la roca (Foto 4 y 5), los cuales a la fecha han sido clasificados como Antropomorfas, Zoomorfas y/o de composición Geométricas, que suman una total de más de 5.800 de estas representaciones diferentes. Destaca la distribución de estos, en las diferentes unidades “*micro geográficas*” que constituyen el sitio. La forma, el tamaño, y a la postura de cada elemento es claramente producido con el interés de ser visto por otros, su carácter es expositivo (Villalobos 2003, Jiménez en proceso).



Foto 5. Petrograbados, Sitio San José – Proveedora.



Foto 4. Petrograbados, Sitio La Calera-Proveedora.

Además de esta rica manifestación iconográfica, el sitio cuenta con características que permiten adscribirlo a una filiación dentro de la historia cultural de la región como perteneciente a la tradición Trincheras. Rasgos distintivos de dicha tradición se encuentran en este sitio, tales como la presencia de estructuras de terrazas y corrales que suman 152 estructuras arquitectónicas en cuyo alrededor se evidencia la manufactura de objetos en concha (cuentas de collar, brazales y pendientes), así como la presencia de cerámica lisa y cerámica decorada del tipo Trincheras púrpura sobre rojo/ café y Altar Policromo (Villalobos 2003).

Estero los Tanques (SON:E:9:3)

Con este nombre se le conoce a uno de los esteros más importantes de la costa central del estado. Estero los *Tanques*, es hogar de especies que mantienen una estrecha relación entre las aguas del mar y la arena del desierto. Punto de confluencia estacional de un complejo ecosistema que permite la renovación de la vida vegetal y animal. El sector goza de una vista panorámica, circunscrita por algunas montañas al sur y un amplio remante de abanico fluvial, perteneciente al costado sur del delta del río Concepción (Foto 6).

Por su ubicación, la barra de los Tanques ha sido aprovechada por el ser humano como fuente de alimentación desde hace siglos, gracias a las condiciones ambientales con las que cuenta. Prueba de ello lo atestigua la cantidad de sitios arqueológicos que lo rodean, que han sido registrados desde el año 2016. En la actualidad se encuentra una granja ostrícola que aprovecha el nivel de las aguas, su temperatura, la salinidad y el bajo oleaje para la crianza de moluscos.



Foto 6. Sector Tanques (SON:E:9:3). Fotografía archivo Bahía Tepoca

Del sector "Los Tanques _C_" se seleccionaron cuatro (4) sitios diferentes (SON:E:9:3 - SON:E:9:10- SON:E:9:17- SON:E:9:20), que en total contienen 497 fragmentos decorados. De estos, 131 cuentan con hematita especular y 366 no contienen esta propiedad. Es decir, solo el 26.3 % del total de los fragmentos

decorados del sector Tanques, poseen hematita especular. A continuación, se hace una breve descripción de los sitios que componen dicho sector.

SITIO	COORDENADA	CARTA TOPOGRÁFICA
SON:E:9:3	E: 0317080 N: 3372296	H12A74

Este sitio posee características singulares en cuanto a su ubicación, extensión en área y contenido. Se trata de una planicie elevada y nivelada frente al mar -probablemente por el uso antrópico-, la cual se encuentra flanqueada al este, por una serie de dunas sobre las cuales también se recolectó material arqueológico (Figura 4). La vegetación predominante en el sector es de matorral bajo y matorral espinoso. Se reporta en la fauna actual la existencia de en gaviota, tortuga marina (*Caretta caretta*), coleópteros, artrópodos, serpientes, lepóridos y mamíferos pequeños y medianos. Las concentraciones de materiales en este sector se extienden por más de 1.5 km. (Villalobos 2016).

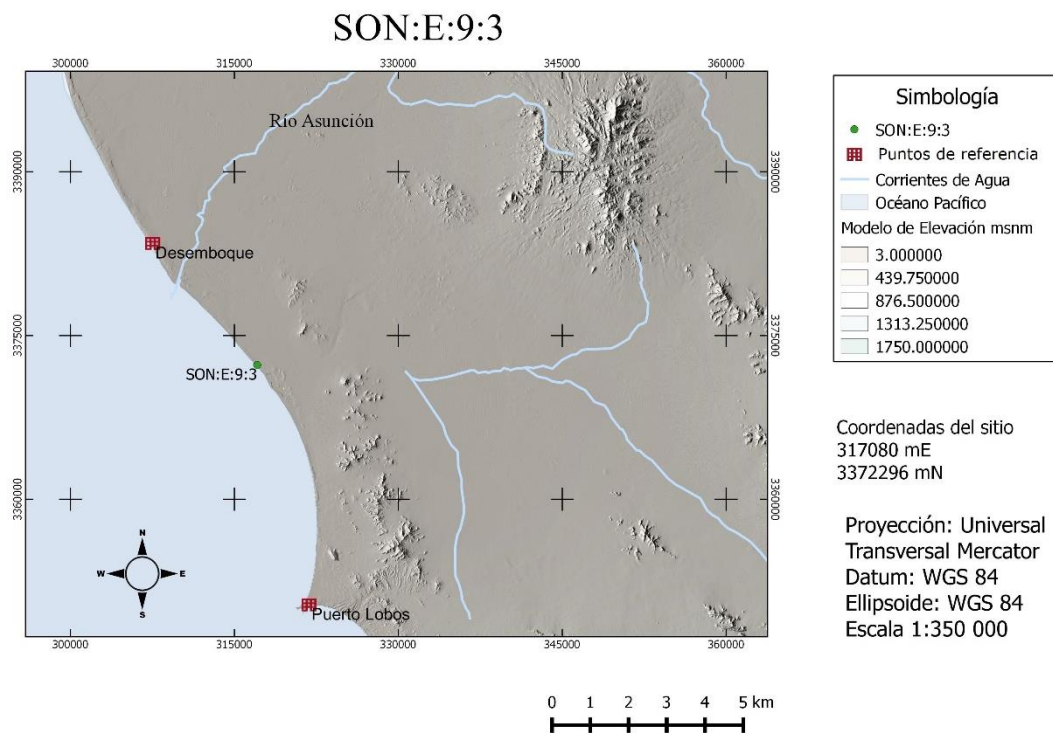


Figura 4. Mapa del sector Tanques (SON:E:9:3)

Debido a su extensión, el sitio fue dividido en áreas, las cuales se enumeraron en diferentes tipos de concentraciones cuyo material arqueológico fue denominado en distintos *locus* (Foto 8); estos locus se definieron en función de la microtopografía de cada sitio, a partir de la evidencia estratigráfica observada

por medio de la realización de algunos pozos de control estratigráfico (Foto 7) (Villalobos 2016). De este sitio se escogieron 11 fragmentos denominados en esta tesis como muestra 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 60 y 61 (Ver Anexo 1.)

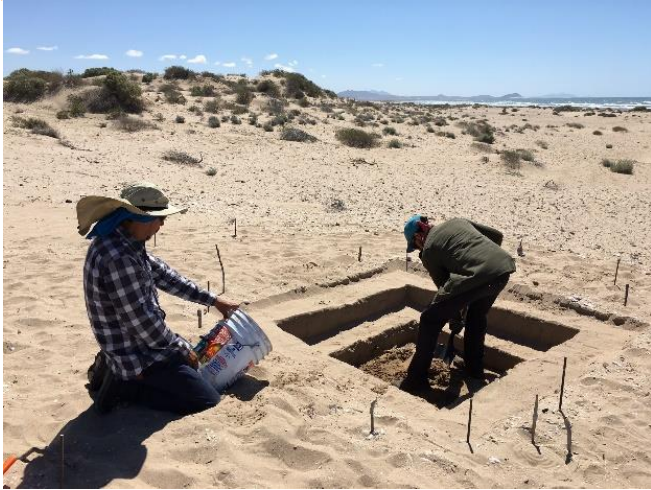


Foto 7. Pozo de control estratigráfico (SON:E:9:3)



Foto 8. Concentración de Materiales. Sitio SON:E:9:3)

Paredones (SON: E: 13:1)

La prospección realizada por Villalobos durante algunos meses de 2016 y 2017, reportó sobre este borde costero distintos sitios. Este sector se encuentra conformado por cinco (5) puntos de recolección de material arqueológico o sitios (SON:E:13:1- SON:E:13:6 - SON:E:13:9- SON:E:13:10 y SON:E:13:11), los cuales se encuentra ubicado al sur de la población de Puerto Lobos. Su nombre “Paredones” se deriva de una serie de acantilados que descienden de manera abrupta sobre el borde costero a causa de distinto proceso de erosión (Foto 9). Esta formación geológica, es producto de la sedimentación de arenas y otros materiales de arrastre que, al compactarse, forman muros cuyos perfiles están sujetos al dinamismo de las olas, las cuales, moldean su contorno actual.



Foto 9. Borde costero al sur de Puerto Lobos _Sector Paredones_2017

En algunos sectores, estos puntos de recolección son pobres en vegetación a causa de su escaso desarrollo edáfico. Sin embargo, son lugares excepcionales para las aves, al ser un lugar seguro para anidar. El ser humano los ha ocupado por distintas razones, la principal, es la posibilidad de avistamiento de otras personas o presas hacia la distancia. Por lo general, son lugares de resguardo desde donde se logra obtener un relativo control visual sobre el litoral y los distintos arroyos que desembocan en él, los cuales también son aprovechados, tanto para la movilidad como para la adquisición de materias prima para la talla y la fabricación de cerámica.

SITIO	COORDENADA	CARTA TOPOGRÁFICA
SON:E:13:1	E 328435 N 3346259	H12A84

Este sitio se ubica sobre una pequeña elevación, muy cerca de la orilla del mar (Foto 10). Se registro en él, una amplia densidad de cerámica pintada del tipo Trincheras púrpura / rojo la cual se encontraba muy fragmentada. A su vez, el sitio cuenta con concentraciones de desechos de concha quemada y tierra negra con material cultural, indicando de esta manera constante dinámicas de ocupación relacionadas con la combustión de materiales orgánicos que permitieron el desarrollo de distintas capas estratigráficas en donde yacen

algunos materiales culturales de interés arqueológico. La realización de dos pozos de excavación ha permitido revelar que el sitio, probablemente fue frecuentado durante mucho tiempo, en distintos momentos.



Foto 10. Panorámicas del sitio costero (SON:E:13:1), vista de este a oeste y viceversa.

A demás de caracterizar, distintos niveles estratigráficos con material asociado a ellos, aquí el equipo de investigación obtuvo muestras de carbón de vegetal que fueron fechada por C14, las cuales señalan ocupaciones correspondientes al siglo IV y V d.C. (Foto 11) (Villalobos en preparación). El sitio también cuenta con evidencias de lítica tallada y pulida, junto con huesos de animales y conchas. Se considera un asentamiento tipo campamento, que, por demás, se encuentra ubicado estratégicamente en lo alto de la desembocadura de un arroyo frente al mar.

De lo materiales hallados en este sitio, se seleccionaron cinco (5) fragmentos cerámicos. Cuatro (4) del tipo Trincheras púrpura/ rojo (muestras 4, 9.10 y 11) y uno (1) fragmento del tipo Altar Policromo (muestra 5).



Foto 11. Pozo 1, Nivel 4 ubicado en el Sitio (SON: E:13:1)- Tomado del archivo del Proyecto Bahía Tepoca.

Temporada marzo de 2017

Materiales

Como se ha venido señalando, este estudio se centró únicamente en la cerámica decorada y se inició con la revisión de todas las bolsas de recolección superficial correspondiente a los veinte sitios que compone los tres sectores seleccionados. Se revisaron directamente las bolsas en cuya base de datos se registraba la presencia de fragmentos decorados, fundamentalmente del tipo *Trincheras púrpura sobre rojo/ café* y algunos del tipo *Trincheras Policromo*. En total se revisaron 1128 fragmentos decorados, repartidos en 121 bolsas distribuidas de la siguiente manera (Tabla 3.).

SECTOR	BOLSAS	FRAG. DECORADOS	SELECCIONADOS
PAREDONES (A)	18	293	20
PROVEEDORA (B)	60	338	20
TANQUES (C)	43	497	21
TOTAL	121	1128	61

Tabla 2. Número de Fragmentos decorados por Sector

Descripción Cerámica

Tipos Trincheras Púrpura sobre Rojo/ Café: También conocidos como *Trincheras Purple-on-red* y *Sonora Red on Brown* (Gladwin and Gladwin 1929); *Purple on red* (Sauer and Brand 1931); *Trincheras Purple-on-red/Brown* (Bowen 1976); *Trincheras Púrpura sobre Rojo / Café* (Braniff 1985); *Trincheras Purple-on-red* (McGuire and Villalpando 1993).

Son cerámicas manufacturadas a partir de la técnica conocida como “enrollado y alisado” o “enrollado y raspado” populares durante la fase Atil (200-800 d.C). En términos generales su pasta es burda, de fractura dentada y deleznable al tacto, sin embargo, la superficie cuenta con una dureza que varía de 3 a 4 según la tabla de Mohs. Presenta como materiales desgrasantes distintos tipos de gravas, cuarzos y arenas de grano grueso (más de 0.5 mm) y en menor proporción micas y feldespatos menores a 0.5 mm. El grosor de la pasta de los fragmentos varía entre .0.3 cm a 1.1cm cuyo promedio general se encuentra en los 0.5 cm. Se ha observado que la atmosfera de cocción de esta cerámica es, en su gran mayoría, reductora.

Las formas reportadas hasta el momento son platos de servicio y recipientes de almacenaje y contenedores representados por cuencos poco profundos, ollas globulares y subglobulares junto con tecomates de bordes redondeados en diferentes tamaños. La colección analizada cuenta con distintos acabados, en donde la mayoría de los fragmentos fueron pulidos y algunos bruñidos en menor proporción. Dicho acabado se realizó probablemente con piedras esféricas.

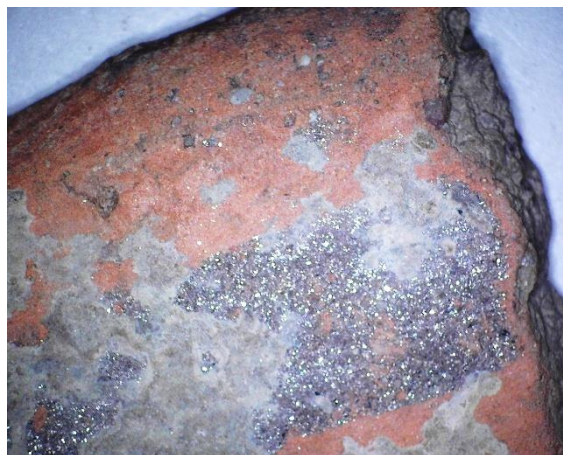


Foto 12. Trincheras púrpura sobre rojo, con Hematita especular, (LP) 50X. Muestra 1, sitio (SON:E:13:6), bolsa (36041)

La decoración es lo único que diferencia a estos dos tipos cerámicos entre sí. Por una parte, el tipo Trincheras púrpura sobre rojo (TPR) se caracteriza por la aplicación por inmersión, de una sustancia colorante con altos contenidos de hierro (Fe) y potasio (K) denominada engobe rojo intenso (7.5YR 6/2) Munsell Color, la cual permite bruñir y/o pulir la superficie de la pieza terminada. Esta sustancia colorante se utiliza para generar contraste a los diseños realizados con pigmento rojo denominado “púrpura” (5R 5/1, 3/1, 3/2, 2.5/6) Munsell Color, el cual es aplicado en trazos que pueden ser finos o gruesos sobre el recipiente estando aún crudo y fresco, en algunas ocasiones aquel pigmento está compuesta por inclusiones de hierro de mayor tamaño, referido en la literatura arqueológica como “*Hematita Especular*” (Foto 12). El tipo Trincheras púrpura sobre café (TPC), es igual en todo punto con el anterior, con la salvedad que, no cuenta con dicho engobe y que la pintura se aplica directamente sobre la superficie alisada de las pastas de color café.

Los diseños en ambos tipos cerámicos son idénticos y consisten en patrones lineales de franjas completas o punteadas, que por lo general se ubican el borde de los recipientes a manera de pequeños diseños en forma de “dientes de sierra” dichas franjas varían en su grosor. Otros recipientes cuentan con bandas cruzadas triangulares y motivos concéntricos en espiral se ubican en el cuerpo de las vasijas. Al respecto, Evans ha propuesto que, en la cerámica de las poblaciones agrícolas tardías del desierto sonoreño, tales diseños están inspirados en la botánica del desierto (Evans and Lail 2015).

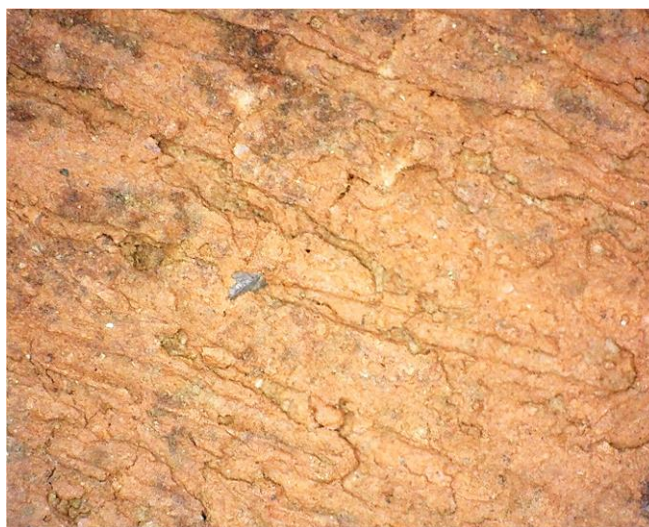


Foto 13. Huellas de acabado interno “raspado”. Muestra 47, sitio (SON:E:9:17), bolsa (36021).

Un rasgo característico de la manufactura de la tradición Trincheras es el interior de las vasijas. En contenedores como ollas y tecomates se distingue por un particular “escobillado” o “raspado” realizado al terminar de modelar la forma (Foto 13). Ya se habló de ello en el capítulo anterior, pero es necesario apuntar que existen algunos casos reportados en Valle de Altar, en los que el acabado interior solo se encuentra alisado y tiene pigmentación por fuera (McGuire and Villalpando 1993). También es importante decir que este acabado fue diagnóstico para las interpretaciones sobre las hibridaciones tecnológicas identificadas por (Chiykowski 2016).

Trincheras Polícromo: Se acepta que su aparición es más tardía que los mencionados anteriormente. Y se ha clasificado con otros nombres como “*Altar Polychrome*” y “*Nogales Polychrome*” (Withers 1941, McGuire and Villalpando 1993). Las características en cuanto a pasta, textura y tipo de desgrasante son muy similares a los otros dos tipos, sin embargo. Su característica principal, es el patrón estilístico. En este caso, la aparición de un engobe crema como base y después el engobe rojo, hace que la profundidad en los diseños sea sustancialmente diferente.

Es claro que, en un panorama ideal, un análisis debería incluir la mayor cantidad de muestras posibles para generar mayor confiabilidad a la hora de proponer interpretaciones. En este caso el número de muestras busca representar las características de los tipos cerámicos pintados encontrados en los tres sectores (Figura 5). Al tratarse de un estudio exploratorio, el número de muestras debía estar acorde a las posibilidades reales de la ejecución del

análisis, mediada por la disponibilidad de equipos en laboratorio y el tratamiento analítico de los datos.

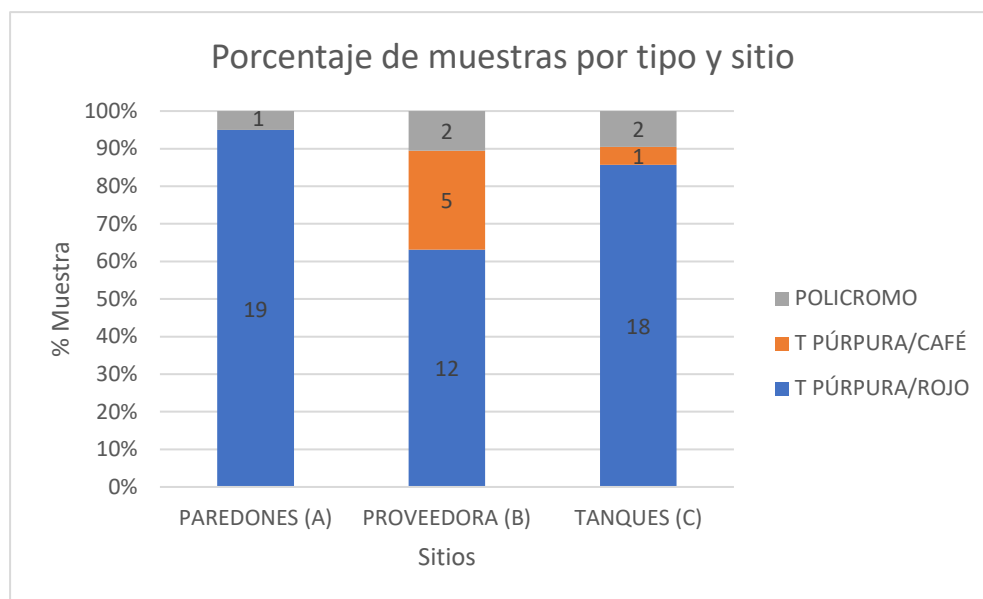


Figura 5. Relación porcentual de muestras por tipo y sitio.

Aparición de la cerámica decorada en la región

Es necesario destacar la importancia y las implicaciones socioculturales que tuvo la aparición del color en la cerámica en el desierto. Esta reside en la aparición misma de los recipientes cerámicos al interior de sociedad con un alto grado de movilidad. Por lo tanto, a continuación, se contextualizó brevemente dicha problemática a partir de la lectura de varios autores preocupados por explicar esta importante innovación tecnológica. A su vez, se sitúa temporalmente la dinámica cultural que implicó, la domesticación y cultivo de plantas.

El desierto de Sonora ha sido escenario de la persistencia humana por establecerse en un lugar, modificando su entorno geográfico en beneficio de su existencia material. Para entender la importancia de la cerámica decorada, es importante mencionar algunos aspectos relevantes sobre la forma de subsistencia previa a su aparición. En ello, los trabajos desarrollados entorno a la aparición de cultígenos, asociados a los procesos de sedentarización en la región se basan en la evidencia temprana del uso y domesticación algunas especies vegetales (maíz, calabaza, frijoles, amaranto y tabaco), junto con el desarrollo de la tecnología lítica ligada a su procesamiento, marcan una fase

medular en las particularidades culturales que definen el modo de vida denominado *Arcaico* para los habitantes del desierto de Sonora (Carpenter and Sanchez 2012, Carpenter, Sánchez et al. 2018, Villalobos 2018).

La documentación arqueológica de sitios en la Costa Central del estado ha permitido, en principio, ampliar nuestro conocimiento sobre las diversas tradiciones culturales que albergo el litoral costero (Bowen 1976, Bowen 1993, Villalpando 2000, Villalobos 2016).

Esto se ha podido determinar principalmente por la identificación de algunas diferencias en torno a los patrones de asentamiento y uso de los sitios costeros, los patrones funerarios reportados, junto con algunos rasgos distintivos en la tecnológicas líticas desarrolladas en función del procesamiento de la concha y las necesidades adaptativas en periodos de cambios ambientales durante distintos momentos en el tiempo (Braniff 1992, Carpenter, Sánchez et al. 2018, Villalobos 2018).

Algunas particularidades tecnológicas formales destacan en la conformación de tradiciones alfareras vinculadas a desarrollos regionales de larga duración. Es decir, el permanente intercambio cultural con otras sociedades del noroeste/ suroeste son evidencias en términos de la técnica de elaboración cerámica más empleada en la región, durante aquella época, a saber -enrollado / paleteado- (Chiykowski 2016), o la utilización de materias primas colorantes como el negro de manganeso y la hematita especular, los cuales son procesadas como pigmento de manera similar (Hawley 1929). Lo anterior, se considerarse como uno de los rasgos compartidos.

Parte de la interpretación de los materiales arqueológicos tomados para esta investigación, se realizó mediante técnicas arqueométricas utilizadas para la caracterización espectroscópica de sus propiedades fisicoquímicas. Estos proporcionaron datos valiosos sobre el pigmento puesto como decoración sobre la cerámica los cuales posibilitan un acercamiento a la identificación de posibles fuentes de producción, basadas en la procedencia de materias primas (Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011). La observación de dichas composiciones, permitieron comparar procesos de transformación tanto en las características ópticas de los materiales, como en la diversidad de modos de preparación y

aplicación del pigmento sobre la cerámica. Posibilitó la reflexión sobre las posibles “*formas de saber y saber hacer*” la cerámica y sus decoraciones a lo largo del tiempo, al interior de en una misma región. Así, el aspecto vital para comenzar a rastrear identidades tecnológicas fue, mediante el uso de materiales colorantes diferentes.

Ese importante momento en el tiempo donde entra en escena la alfarería pintada se le conoce en la literatura especializada de la región como, “*complejo agrícola sonorense*” el cual se inserta durante la confluencia de una serie de fenómenos ambientales compartidos en toda la región durante el periodo de agricultura temprana (aumento de humedad y precipitación). Dicho periodo se divide por lo menos en dos grandes fases. La fase San Pedro (ca. 1500 a 800 a.C.) y la fase Ciénega (800 a.C.-. 200 d.C.), cuyas diferencias están marcadas por características relacionadas directamente con la aparición de particularidades tecnológicas en la lítica, la preferencia por establecer asentamientos en planicies aluviales en donde se crearon sistemas de riego, construcción de casas en pozos *pit-houses*, hornos de piedra y la fabricación de objetos decorativos en concha (Carpenter, Sanchez et al. 2003).

Durante más de tres décadas de estudio en el desierto de Sonora, se han identificado por lo menos cuatro sitios arqueológicos (Bojorquez, La Playa, Fin del Mundo, El Bajío) que se encuentran dentro de dichas cronologías. En aquellos lugares se ha podido obtener valiosos datos relevantes para la reconstrucción de los modos de subsistencia, practicas funerarias, tecnológicas líticas, reconstrucciones climáticas y botánicas, etc. El sitio “*La Playa*” es ejemplificante al respecto: la investigación interdisciplinaria y el carácter binacional del proyecto, han permitido dilucidar la profundidad cronológica del sito y la región.

La ocupación humana allí, ha permitido documentar que durante la fase de *agricultura temprana* se perfiló el empleo de estrategias mixtas de subsistencia, basadas en el cultivo de maíz en combinación permanente con la aprovechamiento intensivo de plantas y animales silvestres locales, cuya abundancia y disponibilidad se encuentra marcada por la estacionalidad cíclica de la naturaleza al interior de un amplio territorio que incluía básicamente el

borde costero y la rica planicie desértica llena de oasis y bosques (Carpenter, Sánchez et al. 2018).

Conclusiones capitulares

La aparición de alfarería decorada ha sido interpretada como un rasgo distintivo que marca el inicio de la tradición Trincheras del Noroeste de México. Varios autores (Bowen 1976a, Villalobos 2007, Villalpando and McGuire 2009, Carpenter, Sánchez et al. 2015) concuerdan en afirmar que durante la secuencia cultural de esta sociedad, la producción cerámica se generaliza en el desierto sonorense alrededor del año 300 d.C. aproximadamente, donde además emergen simultáneamente agregaciones poblacionales quienes guían la ubicación de sus asentamientos en función del aprovechamiento de corrientes de agua existentes en abanicos fluviales y cauces lentos que posibilitan la irrigación de cultígenos, incentivando la aparición de asentamientos fijos con una mayor estabilidad durante el año.

Hoy podemos decir que la sociedad Trincheras, produjo cerámica a lo largo de una vasta extensión del desierto, que incluye importantes cuencas hidrográficas como el río Altar, Magdalena, río Concepción y río San Miguel. Estas cuencas se encuentran en medio de paisajes modelados por sierras bajas que llegan hasta la costa, formando un imbricado territorio conformado geológicamente por diferentes materiales de potencial uso humano que no han sido estudiadas lo suficiente. Las clasificaciones cerámicas propuestas hasta el momento han logrado definir las propiedades texturales de las arcillas y los desgrasantes utilizados en los sitios arqueológicos identificados, así como las particularidades en su técnica de modelado y acabados internos y externos.

La existencia de cerámica *Trincheras Púrpura sobre Rojo* en los sitios costeros ubicados en inmediaciones de la población de Puerto Lobos -sectores Paredones y Tanques-, permiten evidenciar la existencia de incursiones permanentes de grupos de tierra adentro hacia las costas. Campamentos estacionarios y/o sitios de aprovechamiento y transformación de materia prima son los nombres dados a grandes concentraciones de hogueras y hornos, conchas quemadas, instrumentos líticos fragmentados, pedazos de ollas,

tecomates y cuencos rotos diseminados en lugares estratégicamente ubicados en lo alto de dunas y acantilados o al borde de pequeños arroyos; la naturaleza de estas concentraciones ha hecho pensar a los investigadores en el carácter efímero de estas ocupaciones.

Acercarnos a las comunidades que fabricaban cerámica decorada del tipo *Trincheras Púrpura sobre Rojo*, implica considerar que las evidencias arqueológicas actuales indican que sus asentamientos, no fueron de carácter permanente en las costas. A su vez, la ausencia de representaciones simbólicas con las que estas sociedades hacen alusión al mar, son prácticamente inexistentes (Villalobos en preparación). Es por esto que aún queda por esclarecer el origen y significado de dichas manifestaciones pictóricas.

Para determinar las particularidades que podrían generar cohesión química y mineralógica a la muestra seleccionada, se emplearon algunas técnicas arqueométricas probadas con éxito en diferentes investigaciones enfocadas en conocer la composición elemental en cerámica y la obtención de pigmentos en la antigüedad, las cuales han propuesto distintos protocolos (Albero 2011, Pérez Ireta 2016, Ejarque 2017, López 2017, Sandoval Andrade 2019). Procedimientos que se explican a detalle, en el capítulo 4.

En principio se realizaron observaciones en el Microscopio Luz Polarizada para seleccionar las mejores áreas de conservación del pigmento. A continuación, se ejecutaron mediciones colorimétricas por medio del Espectrocolorímetro (RUBY) con el fin de conocer el rango de variabilidad en el color del total de la muestra.

Parte de los mecanismos utilizados para identificar similitudes y diferencias entre las cerámicas analizadas, fue la búsqueda de particularidades fisicoquímicas de cada fragmento por medio de la aplicación de análisis no invasivos ni destructivos por *Fluorescencia de Rayos X* (FRX) los cuales ayudaron a definir la composición elemental, mientras que la microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS) fue útil para reconocer las diferencias y similitudes entre las muestras representativas de cada grupo composicional e identificar características de procedencia en la materia prima utilizada para la producción del pigmento púrpura.

CAPÍTULO IV: ACERCAMIENTO AL ESTUDIO
DE PIGMENTO EN CERÁMICA, DESDE
ALGUNAS TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS NO
INVASIVAS

Introducción metodológica

La metodología para esta investigación está basada en el uso de análisis arqueométricos, donde el objetivo principal es la caracterización química elemental de recubrimientos pictóricos (pigmento y engobe) y sobre la pasta que compone la cerámica arqueológica. Se describe el procedimiento por el cual se analizaron 61 tiestos cerámicos provenientes de los sitios arqueológicos descritos en el capítulo anterior (Los Tanques, Paredones y La Provedora).

En dicho procedimiento se dividió el protocolo en fases que incluyen caracterización de los materiales a nivel superficial, elemental y microestructural. Para el análisis superficial se usó microscopio con luz polarizada (LP) y colorimetría. La caracterización elemental fue través de la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) y el microscopio electrónico de barrido con análisis por energía dispersiva (SEM-EDS) se usó en la descripción microestructural.

Se mencionan los principios básicos y técnicos de los equipos usado, así como sus alcances y limitaciones. Los factores que inciden la caracterización de materiales culturales tan heterogéneos como la cerámica y algunos factores tafonómicos que pueden incidir en los resultados. También se describe el procedimiento de los datos, a través de la estadística multivariada a través del Software R.

Los resultados demuestran que los recubrimientos pictóricos contienen diferencias en cuanto a la composición química dividida en dos grupos de composición elemental diferentes. Gracias al estudio comparativo de estos grupos, entre los sectores, se pudieron observar relaciones puntuales sobre el flujo de materiales entre La Provedora y Paredones, mientras que en el sector Tanques, todos los fragmentos procedentes de este lugar, mantienen una considerable cohesión y/o similitud química entre sí.

Arqueometría cerámica

La arcilla modelada y cocida se ha convertido en la evidencia material de intervención cultural con mayor densidad en los sitios arqueológicos alrededor del mundo. La combinación entre las características plásticas de esta, la creatividad humana y la combustión del fuego para obtener un objeto utilitario termo-resistente, se le conoce como cerámica.

Su resistencia a la degradación por el paso del tiempo es alta, aunque depende en parte de las condiciones tafonómicas a las que se halla expuesto durante su abandono, pero también, por las propiedades mineralógicas de su composición estructural (Artioli and Angelini 2010, Golitko, Dudgeon et al. 2012, Romero 2013); esto convierte a la cerámica en un material de propiedades inorgánicas especialmente alteradas por la manipulación antrópica, que tiende a mantenerse estable una vez cocida -en el lugar donde se efectúa su abandono-, por lo general en la matriz del suelo. Por esta razón, los instrumentos utilizados en la descripción de elementos químicos y materiales mineralógicos de la superficie terrestre han sido utilizados para documentar especificidades de este abundante material arqueológico.

El interés por hacer una descripción microscópica de objetos se remonta a inicios del siglo XIX, cuando naturalistas y otros científicos europeos de la época se interesaron por conocer la composición química de pigmentos y otros materiales que no sufrían un aparente deterioro con el paso del tiempo. Influenciados por la literatura romántica de la época, diferentes vidrios de medio oriente, metales egipcios, murales minoicos y hasta pigmentos de muros en baños suntuosos de la antigua Roma y Pompeya fueron sometidos a innumerables pruebas con reactivos para determinar su composición con el fin de reproducir el secreto de su firmeza ante el paso del tiempo (Pollard, Batt et al. 2007).

La cerámica probablemente detente el primer lugar como material predilecto para la aplicación de técnicas arqueométricas. Esto no necesariamente tiene que ver con un interés explícito por adentrarse completamente en su importancia como logro tecnológico de la humanidad, sino más bien por su abundancia y aptitud para hacer una gran cantidad de análisis

en donde, la mayor de las veces, terminan con la destrucción de pequeñas fracciones de esta.

Aunque las técnicas útiles para establecer procedencia, patrones de uso y manufactura implica la destrucción total o parcial de la cerámica, por ejemplo, la ejecución de análisis químicos (spot-test) (Barba, Ortiz et al. 2014) y la elaboración de secciones delgadas para análisis petrológicos (Hunt 2017), son las más utilizadas, puesto que su utilidad está altamente probada y sus protocolos están bien establecidos. Sin embargo, esta investigación buscó el abordaje del color, por medio de dispositivos no invasivos, a fin de comprobar su utilidad en recubrimientos pictóricos heterogéneos y sobre una matriz tan compleja como la cerámica.

Pigmentos y engobes: Recubrimientos funcionales sobre la pasta cerámica.

La utilización de sustancias colorantes en cerámica ha sido ampliamente documentada (Feller 1986, Kennett, Sakai et al. 2002, Wright 2010, Ávila 2011, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011, Centeno, Williams et al. 2012, Frère, González et al. 2016, Angeli, Legnaioli et al. 2018, Sánchez, Briceño et al. 2019). La identificación, obtención y procesamiento de estas, pasa por una serie de conocimientos específicos que involucran desde su producción, propiedades plásticas y visuales hasta los modos de aplicación sobre las piezas terminadas. El objetivo de la caracterización de este tipo de superficies decoradas, no se limita a enunciar los elementos químicos presentes en ellas sino también, comprender las elecciones culturales y prácticas tecnológicas, en este caso desarrolladas por las sociedades del desierto Sonorense involucradas en la elaboración de engobes y pigmentos utilizados en la alfarería. Como ya se argumentó en el Capítulo I, los colorantes y pigmentos que resultan de la combinación de saberes, son productos de la articulación de entre materias primas, técnicas, gestos y decisiones tomadas por el alfarero bajo condiciones socio-culturales específicas (Lemonnier 1986, Washburn 2001, Roux 2011).

El aspecto de los pigmentos y engobes observados sobre la cerámica, sufren distintos procesos de transformación. Desde su obtención y preparación,

la alfarera conoce que su aplicación sobre la cerámica fresca cambiara al instante sus propiedades ópticas al exponerse al oxígeno y la luz.

Las decoraciones hechas sobre cerámica trincheras fueron realizadas antes de la cocción; esto se observa en el tratamiento de la superficie con engobe, el cual se fija a la pasta por la acción térmica. Tal y como se presentará más adelante al referirnos a los resultados arrojados con el SEM/EDS.

Cabe señalar que Engobe es el nombre dado en la literatura arqueológica para definir a una mezcla acuosa elaborada a partir de la dilación de arcilla, usualmente de color opaco, que se aplica sobre un recipiente elaborado en barro. Morales (2005) anota al respecto que esta mezcla se usa como: *“(...) una arcilla coloreada o no, que se aplica sobre una pasta soporte (...) para modificar su aspecto externo, aportando una textura terrosa no vítrea”* (Morales 2005).

Conocer el origen de los pigmentos implica entender el comportamiento de los minerales que lo conforman, diferentes compuestos inorgánicos reaccionan ante el calor, cambiando su tonalidad. En este sentido, los fragmentos analizados formaron parte de recipientes destinados a la cocción de alimentos (Ollas y Tecomates), muchas decoraciones sufrieron marcas de cocción por el uso, causando una mayor adherencia a la superficie con engobe.

Los recipientes de barro deben estar seco antes de la cocción a fin de que su absorción sea completa y funcional. Esta acción genera un proceso de rehidratación en las capas externas de la pieza. Pueden aparecer grietas durante el secado y/o la cocción dependiendo del tipo y la cantidad agua que tiene la mezcla de engobe. Esta condición se explica por la discontinuidad mecánica entre la aplicación del engobe y la superficie de la pasta. Para evitar este fenómeno las alfareras buscan cocer mejor sus recipientes haciendo engobes de la misma arcilla con la que crean la pasta, y procuran aplicar varias capas finas sobre la pieza completamente seca.

La adhesión de engobes y pigmentos depende en gran medida de la utilización de pastas cuyas arcillas poseen un origen calcáreo, que, por su porosidad, facilita la aplicación y absorción de estos recubrimientos. La alfarera utiliza dichos recubrimientos con varios propósitos: (1) con fines estéticos, pues los engobes permiten crear efectos de brillo en la superficie como el bruñido: y

(2) con una finalidad utilitaria que ayuda a cubrir defectos del recipiente y disminuye los índices de porosidad, generando diferentes texturas que facilitan la cocción o la contención de líquidos en su interior (Capel, Huertas et al. 2006, Frère 2016). Otros factores que inciden en el acabado de la pieza son la atmosfera de cocción, la cual incidirá en el color de la pieza, no solo por el cambio entre ambientes reductores y oxidantes, sino también por los materiales utilizados; y la forma de preparación de los recubrimientos junto a la técnica empleada en su aplicación (Sillar 2000).

Principios químicos

Las transiciones mineralógicas de los óxidos de hierro dependen en gran medida de la inclusión del elemento hídrico OH. En este sentido, el permanente reacomodo entre el ion Fe^{3+} con los oxígenos (O^{2-}), los oxidrilos (OH^-) y el agua (H_2O) producen cambios graduales que introducen a los óxidos de hierro en un proceso que los hace pasar desde la magnetita hasta la hematita, goethita o limonita. Dicho proceso es lento en estado natural, y de él se deriva que en climas áridos y secos como en el del estado de Sonora (Walker and Honea 1969), se dé con más frecuencia la formación de hematita en la superficies sedimentarias de manera natural mientras que, en climas templados y húmedos predomina la goethita y limonita que alcanzan a tener tonalidades similares (Masson 1986).

Sin embargo, es de especial interés para la arqueología saber que este proceso de transformación de los óxidos de hierro por hidratación puede suceder a la inversa. Tanto factores naturales (volcanes, incendios, etc.) como por vectores dirigidos intencionadamente por un factor antrópico, pueden incidir en la formación de hematitas y magnetitas a partir de las limonitas y goethitas (Cornell and Schwertmann 2003). Masson (1986) explica que, al someter compuestos como la limonita a la acción del fuego, a partir de los 30-60°C se inicia un proceso de deshidratación y posterior transformación en goethita. Si el calor persiste y se aumenta en el rango entre los 250°C, y hasta los 800°C, dicho compuesto inicia un proceso de meteorización, hasta convertirse en una hematita (Masson 1986). Esto nos permite contemplar la posibilidad de considerar tratamientos térmicos de origen antrópico efectuado sobre los materiales colorantes (tierras rojas) en el área de estudio.

En este caso, el cambio que sufren minerales como la goethita y la limonita al calentarse es total. Este proceso se conoce como deshidroxilación y termina por cambiar la estructura del compuesto, en este caso, pasando de una estructura anhídrida, a una de tipo óxido (Romero 2013). Según el grado en el desarrollo del proceso de deshidroxilación, los compuestos adquieren características distintivas en la recristalización -es decir, la estructura cristalina acicular es sustituida por una estructura de carácter hexagonal- lo cual tiene repercusiones en los límites de detección en ciertas técnicas espectroscópicas, de manera que la difracción de rayos X, es mejor para identificar este tipo de cambios de estructura en los compuestos de origen inorgánico (Pomies, Morin et al. 1998, Siddall 2018).

Cambios en las propiedades físicas y químicas de diferentes materiales, se han documentado ampliamente en contextos arqueológicos, sobre todo a partir de la utilización del fuego para calentar materiales inorgánicos con diferentes usos. En el caso de los óxidos de hierro; como se mencionó en el Capítulo I, sabemos que tuvieron diferentes usos (adhesivo, curtir pieles, medicina) y significados (pintura corporal, funerario, material colorante sobre roca, madera y cerámica, etc.) en algunas sociedades antiguas (Cornell and Schwertmann 2003, Pollard, Batt et al. 2007, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011, Gialanella, Belli et al. 2011, Cortell Nicolau (2016)).

Importancia de la caracterización elemental

El estudio antropológico de las relaciones existentes entre la cultura material y el comportamiento humano asociado a la elaboración de objetos se puede explorar por medio de la función social y simbólica de la cerámica (Gosselain 1992, Washburn 2001, Chapman and Gaydarska 2007, Tite 2008, Watts 2009, Knappett 2012, Roux 2019). Es por esto que el estudio físico-químico de la cerámica, nos brinda elementos cuantitativos y semicuantitativos referentes a la procedencia de la materia prima, patrones empleados en la elaboración técnica de materiales como el pigmento, circuitos de distribución e interacción cultural a corta y larga distancia (Skibo 2013, Rice 2015). Estos complementan la información obtenida tradicionalmente por medio de la descripción morfológica a nivel macroscópico de los artefactos cerámicos,

logrando así, datos que ayudan a contrastar la variabilidad tecnológica y distinguir rupturas, cambios y estabilidades presentes en la cadena operativa involucradas fundamentalmente en el proceso de elaboración, cuyas particularidades están relacionadas con esquemas de valores, transmisión de conocimiento y diferentes grados de especialización tecnológica de las sociedades humanas (Lemonnier 1986, Roux 2011, Albero 2014, Hunt 2017).

Lograr conocer a detalle el material con el que están fabricados los objetos, no ha sido una tarea fácil. El interés por este conocimiento específico comprende varias dimensiones de esfuerzo técnico y labor interdisciplinaria para perfeccionar protocolos e innovar en tecnologías con mayor sensibilidad sin llegar a ser destructivas. Sus objetivos son múltiples y su utilidad es práctica, rápida y su costo tiende a volverse asequible conforme se masifica su uso. Las ciencias dedicadas a la restauración y conservación de objetos antiguos y las ciencias arqueológicas se benefician con la generación de datos sobre caracterización elemental y otro tipo de estudios composicionales que son utilizados en estos dos grandes campos relacionados con la investigación del patrimonio cultural.

Estos estudios aportan información invaluable acerca de la creación de sustancias compatibles con los materiales arqueológicos al momento de iniciar procedimientos de restauración y conservación, mientras que, por otra parte, genera datos concretos sobre propiedades únicas de los materiales aportando líneas de evidencia que apoyan interpretaciones básicamente sobre aspectos tecnológicos de la fabricación, y procedencia (Martinón 2003). Datos que además encierran un gran potencial al momento de definir particularidades tecnológicas, al interior de contextos estacionales como los presente en la costa central de sonora, por medio de muestreos diacrónicos y comparaciones interregionales de los materiales arqueológicos allí presentes, junto con aquellos documentados en zonas aledañas.

Los estudios de procedencia de materiales consisten en la posibilidad de establecer con un algún grado de precisión, vínculos espaciales entre el origen de materiales utilizados en la fabricación de objetos y las piezas ya terminadas. Estos estudios tienen el fin de evaluar varios aspectos entre los que se destacan las posibles interacciones sociales alrededor de fuentes de materia prima, redes

de intercambio, patrones de consumo y modos de fabricación de materiales usados para la decoración, etc. (Rice 2015). Sin embargo, esta estrategia requiere básicamente estudiar tanto las características composicionales (mineralógicas, químicas y texturales) del objeto, como las de su posible fuente de obtención natural (yacimiento), lo cual implica en el caso de las cerámicas, un muestreo sistemático de la diversidad de arcillas disponibles, junto con procedimientos destructivos como el elaboración de muestras en polvo y láminas delgadas a partir de los fragmentos cerámicos (Hunt 2017).

Lo anterior presenta varias dificultades. Entre las más comunes sobre la caracterización de la producción cerámica, es amplia heterogeneidad de las arcillas presentes en un mismo yacimiento u áreas de captación. Es decir, los minerales presentes en ambientes sedimentarios, son comunes en distintos tipos de depósitos sedimentarios y pueden llegar a tener un alto grado de variabilidad y dispersión geográfica (Tite 2008).

En conclusión, las fuentes de arcillas no son homogéneas, su origen es muy variado y sufren procesos de transformación pedogenéticos que pueden llegar a incidir en sus propiedades plásticas (Morales 2005). Este factor suma variables a considerar al momento de analizar la información obtenida por medios fisicoquímicos y dificulta la determinación exacta de las fuentes de materia prima.

Protocolo arqueométrico, muestreo y técnicas analíticas

En cuanto al análisis de pigmentos, podemos decir que cada uno de las materias primas se destaca por su color y por un conjunto particular de elementos químicos diferentes, que si se detectan en proporciones correctas, permiten su identificación y posterior caracterización (Frère 2016). Además, la investigación de inclusiones, compuestos y oligoelementos permite llegar a conclusiones sobre el origen orgánicos de los materiales presentes en la fabricación de pigmentos (Abboud 2016). Sin embargo, cabe aclarar que, en el presente caso de estudio, solo se incluyeron métodos de detección para elementos de origen inorgánico, por lo tanto, no hablaremos de oligoelementos, más que para advertir su potencial a la hora de conocer la composición de los

colores orgánicos, sobre todos cuando se encuentran en soportes que no han sido sometidos a altas temperaturas.

De tal suerte que, en la cerámica, los oligoelementos y otros compuestos de origen orgánico detectados, solo sobreviven si se tratan de decoraciones realizadas postcocción en objetos no expuestos al fuego.

Una condición deseable dentro de la investigación de objetos arqueológicos es el uso de técnicas no destructivas o, en su defecto, que sólo necesiten un muestreo mínimo de los artefactos (Janssens et al. 2000). Asimismo, se espera que después de un análisis la muestra sin alterar esté disponible para futuros estudios. De acuerdo con Lahanier, el procedimiento ideal para analizar objetos históricos o arqueológicos debe ser tanto no destructivo (respetando la integridad física del objeto), como rápido (para analizar grandes números de objetos similares o para investigar un solo objeto por varias técnicas), sensible y multielemental (para obtener simultáneamente información sobre muchos elementos en una sola medición) (Lahanier, Preusser et al. 1986).

Aunque no es tan popular para cerámicas como el análisis de activación neutrónica (NAA, INAA) o la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), la espectrometría (FRX) satisface la mayoría de estos requisitos además de proporcionar una forma barata y rápida de determinar la composición química de materiales cerámicos (Mantler and Schreiner 2000). De hecho, la FRX representa uno de los métodos más adecuados para obtener información cualitativa y semicuantitativa sobre una gran diversidad de materiales. Esto es útil para evaluar la conveniencia en el empleo de otras técnicas con mayor grado de precisión y seleccionar muestras anómalas o representativas en cuento a su composición química al interior de colecciones.

El protocolo seguido en la presente investigación (Figura 6) busca aproximarse a los materiales por medio de instrumentos que permiten la medición de algunas de sus particularidades ópticas, físicas y químicas sin la necesidad de extraer parte el material. De esta manera se buscó orientar la caracterización de la muestra de manera óptima, eficaz y no invasiva. Cada

técnica aplicada genera información base, que al combinarse con otras técnicas permite el análisis global de la muestra.

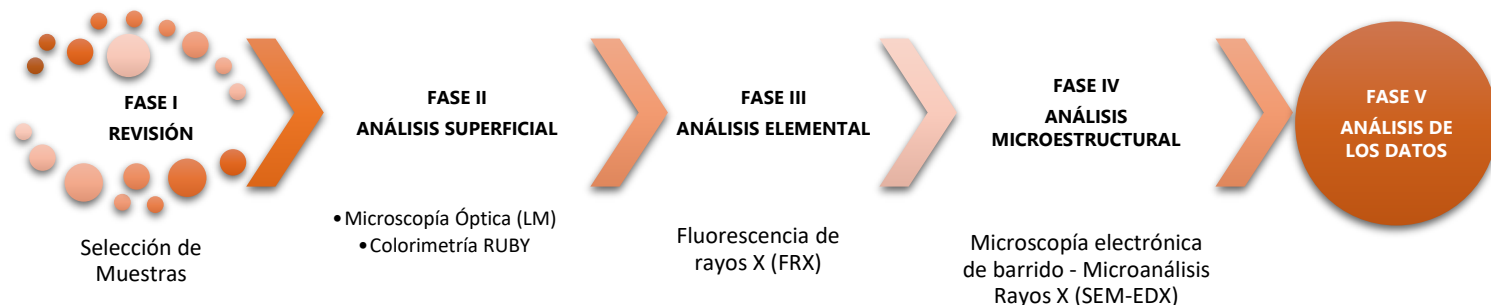


Figura 6. Protocolo de experimentación arqueométrica efectuado.

Así pues, se implementó una serie de pasos a manera de protocolo sugeridos en el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, perteneciente al Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (en lo sucesivo LANCIC-IF-UNAM) para la experimentación arqueométrica ejecutadas en cinco fases donde, se implementaron las siguientes técnicas de análisis: la Microscopía Óptica con Luz Polarizada (LP), la Colorimetría, la Fluorescencia de Rayos X (FRX) y la Microscopía Electrónica de Barrido/ Microanálisis de Rayos X (SEM/EDX). A continuación, se describen los procedimientos y técnicas utilizadas en el estudio de caso realizados para esta investigación.

Fase I: revisión de materiales y selección de muestras

Como esta investigación se centra en el estudio y caracterización elemental a través de FRX –fluorescencia de rayos X- y SEM –microscopía electrónica de barrido- en pigmentos presentes en una muestra de cerámica arqueológica decorada, asociada tipológicamente a la cultura Trincheras, la cual habitó el centro-oeste del estado de Sonora aproximadamente entre los siglos III y IX d.C. La importancia de esta cerámica radica en que marca el inicio de una tradición pictórica sobre cerámica (Bowen 1976a, McGuire and Villalpando 1993, Villalpando and McGuire 2009) y por lo tanto, se trata de materiales escasos y cuya integridad es menester procurar. Es decir, antes de esta tipología cerámica,

no existen evidencias de uso pigmentos como elemento decorativo en la tradición alfarera en el área de estudio, ni previamente, ni después.

Criterio de Selección de muestras

La selección de los fragmentos se realizó, buscando incluir una muestra representativa de cada tipo por sector/sitio. Por lo tanto, sus dimensiones, diseños y color no son del todo homogéneos entre sí, pero pertenecen al mismo tipo cerámico. Se busca comprender la dinámica de utilización de estos materiales, en términos de su dispersión, y la posible relación tecnológica en la elaboración de los pigmentos.

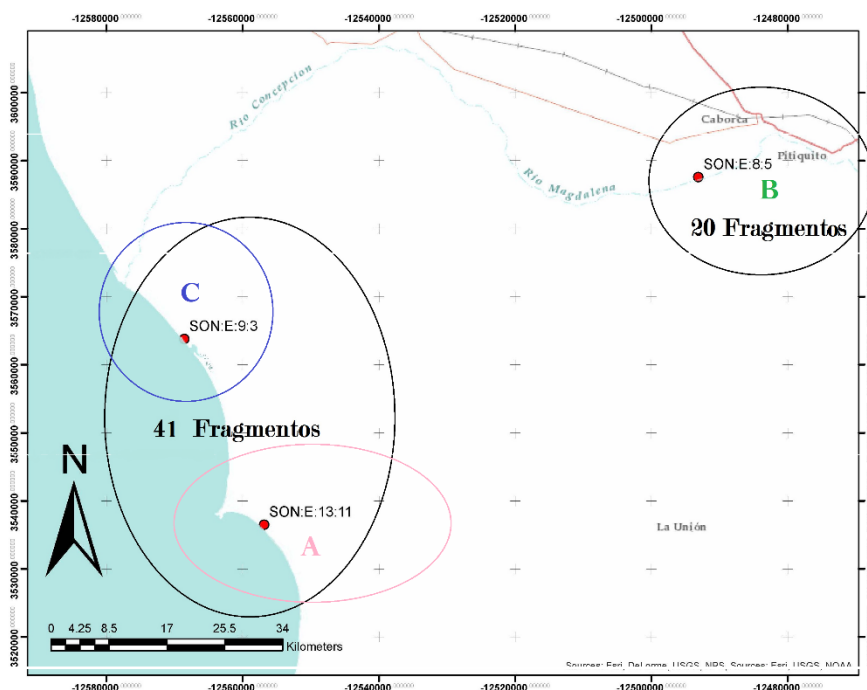
Cerámicas: 61 fragmentos cerámicos correspondientes a sitios arqueológicos que ya se describieron previamente, divididos en tres sectores (Tanques, Paredones y Provedora) fueron analizados. Los fragmentos escogidos cuentan con capas de pigmento en donde se puede distinguir patrones en el diseño decorativo y en algunos de ellos, la forma del recipiente de uso doméstico del que hacían parte –tecomates, cuencos, platos y ollas- (Foto 14). Todos están decorados con óxidos de hierro que producen una tonalidad en la escala de rojos. La coloración en todos los casos se presenta a manera de engobe en la pared exterior de las vasijas cerradas y ambas paredes de las formas abiertas, sobre el cual se realizaron recubrimientos con pinturas



Foto 14. Colección de cerámica Trincheras púrpura sobre rojo/café, procedente de Bahía Tepoca

diferentes, creando diseños de color púrpura en lugares puntuales de cada recipiente.

Sectores y Sitios: Los sitios fueron seleccionados bajo un criterio de orden espacial, con el fin de comprender posibles conexiones entre los sectores y el flujo de las cerámicas entre ellos a partir de sus similitudes y diferencias obtenidas por medio de la caracterización elemental. Con la información obtenida sobre los pigmentos, se buscó retratar interacciones culturales a escala regional, entre sitios ubicados en la planicie desértica y el borde costero. Un aspecto poco estudiado hasta el momento en la alfarería temprana producida por las sociedades Trincheras.



Proyecto Arqueológico Cambio Climático y Diversificación Sociocultural en el norte de México: Bahía Tepoca, Sonora

SECTORES DE ESTUDIO PARA LA COMPARACIÓN DE MUESTRAS

A = PAREDONES

B = PROVEEDORA

C = TANQUES

Dr. César Villalobos Acosta
Harrison Gallego Ramírez

Figura 7. Ubicación de los tres sectores analizados. 41 fragmentos en la costa y 20 en tierra adentro

Se les ha denominado sectores a tres áreas de investigación arqueológica en donde en diferentes temporadas de campo, se han recolectado materiales arqueológicos asociados a contextos específicos (Figura 7). Dichos contextos se encuentran bien caracterizados, teniendo en común la presencia de cerámicas decoradas de diferentes tipos cerámicos que dan cuenta de distintas ocupaciones humanas en el tiempo. Sin embargo, nuestro interés se centra en las cerámicas decoradas pertenecientes a las sociedades Trincheras que habitaron la región de estudio durante la fase Atil (200-800 d.C.). La

nomenclatura, características generales y otras especificidades de cada sector y sitio, fueron abordados en el capítulo 2.

Fase II: Análisis de superficies

Antes de iniciar la descripción de las técnicas y equipos utilizados, es necesario mencionar que todos los análisis descritos a continuación se llevaron a cabo en el (LANCIC-IF-UNAM), bajo la supervisión y colaboración del Dr. José Luis Ruvalcaba, el Dr. Edgar Casanova y el Dr. Alejandro Mitrani que, junto con su equipo de trabajo de especialistas en la ciencia de los materiales, hicieron posible el acceso a las diferentes técnicas protocolares y sus respectivos equipos.

Este tipo de análisis busca generar información a partir del uso de una serie de instrumentos y técnicas enfocadas en la observación microscópica de aquellas particularidades presentes en la superficie de los materiales a estudiar, mismos que no son visibles a simple vista. Para tal fin se combinaron la Microscopía óptica y el Espectrocolorimetría.

Estas técnicas, que serán descritas a continuación se emplearon básicamente para (1) observar la estructura granulométrica del pigmento, (2) seleccionar las muestras cuyo pigmento se encontrara en mejor estado de conservación e incluir aquellas con recubrimientos de color cuyo grosor permitiera un análisis elemental más confiable y (3) hacer una primera clasificación cromática del pigmento a fin de considerar su variabilidad en el total de la colección seleccionada.

Microscopía óptica con Luz Polarizada (MO-LP)

La revisión bajo la microscopía óptica permite observar la granulometría y estructura de composición en el pigmento presenta en la cerámica. Esta se ejecutó con un microscopio óptico digital *Dino-LITE Edge* con corrección de profundidad de campo automático y aumentos de entre (20x-230x). Las imágenes de cada observación fueron sistemáticamente capturadas con el software *Dinocapture 2.0*. (Anexo 1).

Estas observaciones también se realizaron con el objetivo de entender el tipo de marcas dejadas en la técnica de aplicación del color. Es decir, el trazo

dejado por el utensilio usado en la decoración de la vasija pueda albergar marcas distintivas, formando patrones gráficos básicos (triángulos, líneas, puntos, etc.) que al combinarse o repetirse entre sí, producen diseños decorativos específicos.

Conocer el tipo de instrumento es indispensable para comprender el gesto técnico efectuado durante el proceso de decoración de la vasija por parte del ceramista, esto es posible de identificar con el microscopio óptico el cual identifica posibles microrastros (surcos, estrías, huellas y orientación-profundidad de las mismas) que son utilizados como patrones diagnósticos de la técnica de manufactura (Lemonnier 1992, Albero 2014, Rice 2015).

Espectrocolorimetría

Desde el siglo XIX, se han propuesto varios esquemas de clasificación del color, siendo el más popular aquel propuesto por el filósofo y escritor Alemán Johann Wolfgang Von Goethe quien sentó las bases de la teoría del color. Él describe la gama de colores posibles a partir de una esfera tridimensional en donde confluyen tres variables (Tono, Brillantez y Saturación) siendo el tono, equivalente al color, la brillo a la luminosidad y la saturación a la cromaticidad de este (Alonso 2016, Molada 2016). En este caso, el conteo del color presente en el pigmento que adorna la cerámica de estudio permite individualizar las muestras cuya variación en cuanto a la tonalidad e intensidad, se salen de la norma. Permitiendo identificar cambios en la concentración de los materiales colorante empleados para tal fin, las condiciones de conservación, las características en la manufactura, la intensidad en la cocción o la proporción de pigmento utilizada en su decoración.

Tradicionalmente la descripción de materiales arqueológicos incluye criterios de color que han sido estandarizados por medio de la utilización del sistema *Munsell Color*, el cual codifica el color basándose en la saturación y claridad. Sin embargo, la percepción del color es subjetiva y puede variar según las condiciones de luz en el lugar donde se realice dicha observación, pero fundamentalmente de la percepción ocular de cada persona. Por esta razón la organización internacional de luz y color CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*), desarrolló un sistema basado en la reflectancia espectral (Figura

8). El cual determina valores para cada una de las longitudes de onda visible. Desde 1931, se establecen acuerdos para expresar los colores en términos numéricos, en dichos valores se basa la colorimetría actual que fue fundamental para estandarizar la industria y establecer parámetros consensuados sobre el control de calidad, ahora empleada en la descripción de materiales culturales (Wright 2010, Alonso 2016).

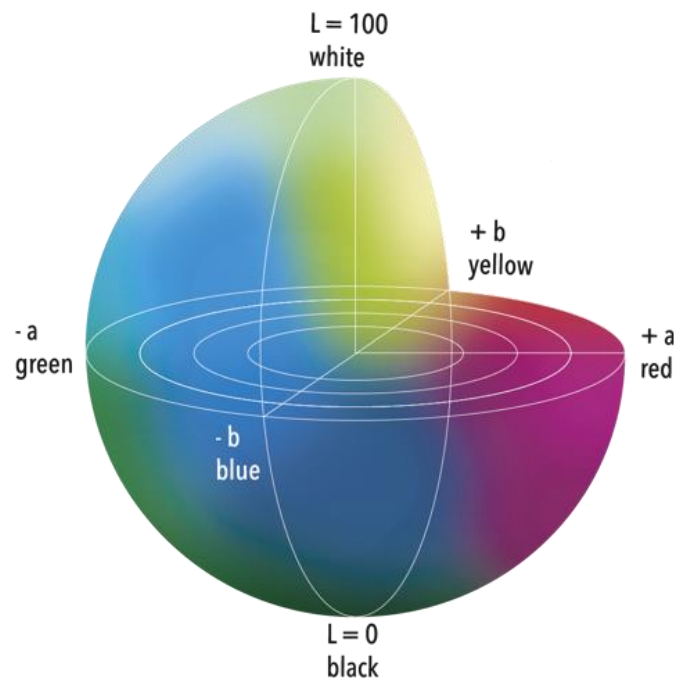


Figura 8. Espacio de color CIE $L^*a^*b^*$.

Tomada de: <https://www.sensorinstruments.de/whatiswhat.php?subpage=11&language=es>

El uso de esta técnica tiene por objeto generar una clasificación colorimétrica objetiva y precisa basada en un instrumento de medición cuya percepción se rige por el conteo de valores triestímulo de la luz. Es decir, la sensación luminosa que dan los colores, los cuales se producen por la reacción que genera en nuestro cerebro la luz incidente (L^*), la superficie del objeto iluminado expresado en tonalidad (a^*) y la pureza (b^*), dada por la cromaticidad de este, son capturado por sensores. Esta técnica espectrocolorimétrica es expresada en el espacio cromático denominado CIE -por la organización internacional- $L^*a^*b^*$ -por los valores de cromaticidad- o sencillamente CIELAB (Figura 9). Es por esto que la medición del color utilizando un colorímetro puede

ayudar a que dicha descripción sea más precisa, además, los datos que arroja la lectura con este instrumento son numéricos y pueden ser trabajados estadísticamente, lo cual facilita su representación gráfica a partir de coordenadas matemáticas asignadas al interior de un plano X, Y, Z (Alonso 2016).

Equipo-RUBY

El espectrocolorímetro utilizado, se encuentra en el LANCIC-IF-UNAM y fue desarrollado en colaboración con el Centro de Investigación de Restauración de los Museos Franceses (Foto 15). Este equipo registra colores sin contacto con la muestra, generando mediciones de tipo VIS y NIR en el rango de longitud de onda de 400 a 800 nm. El sistema portátil de monitoreo de color en línea incorpora una fuente de luz y ofrece una tasa de medición de hasta 2000 espectros por segundo. Cuenta con un cabezal óptico y un controlador, unidos por un cable de fibra óptica.



Foto 15. Instrumento para la medición del color. Espectrocolorímetro _ Ruby_ LANCIC-IF-UNAM

De cada uno de los 61 fragmentos, se tomaron tres (3) puntos de medición del color, únicamente sobre los trazos de pigmentación previamente seleccionados con la revisión con luz polarizada. Se tomaron en total 183 lecturas. Las tres lecturas de cada fragmento fueron promediadas entre sí y después graficadas (Anexo IV).

Fase III: Análisis elemental de engobes, pinturas y pastas

Análisis cualitativo y semi -cuantitativo del pigmento

A fin de comprender aspectos relacionados con la tecnología del color, se buscó caracterizar fisicoquímicamente las áreas del fragmento cerámico que cuentan con agregados que formen parte del proceso de decoración. Estos agregados son por lo general, mezclas de materiales colorantes de origen tanto orgánico como inorgánico que son adheridos posteriormente en estado líquido a la superficie de los recipientes previamente modelados por el alfarero. Se vitrifican algunas veces por acción térmica y con ayuda de otros minerales que sirven como fundente. Como, por ejemplo, los altos contenidos de silicio (Si) y potasio (K) los filosilicatos en los pigmentos y engobes dan cuenta la existencia de filosilicatos que sirven como fundentes en los recubrimientos pictóricos.

La aplicación de estas técnicas arqueométricas requiere un conocimiento básico sobre su funcionamiento mecánico, operativo y los fenómenos físicos que suceden para lograr cuantificar la química presente en las muestras. Aunado a esto, es fundamental la revisión de estudios previos que demuestren metodologías a fin a los objetivos incluidos en la caracterización de materiales usados y procesados en la antigüedad (Buxeda i Garrigós, Cau Ontiveros et al. 2003, Abboud 2016).

El análisis elemental

En parte, la clasificación cerámica propuesta en una región busca comprender algunas dinámicas sociales subyacentes a la aparición de nuevos estilos cerámicos con motivos decorativos distintivos que remplazan paulatinamente otros tipos cerámicos. Este objetivo de investigación suele determinarse a partir de observaciones macroscópicas de fragmentos excavados o recolectados en superficie en un sitio arqueológico, bajo algunas características formales o contextuales que ayudan a tener algún tipo de control cronológico de los mismos. Sin embargo, establecer estas tendencias requiere por lo general de una muestra muy grande de fragmentos y muchos años de investigación regional. Aunado a esto, las preguntas relacionadas con la ubicación de la fabricación y la receta pictórica lograda en la decoración de estos

son difíciles de responder contando solo con el análisis macroscópico de la cerámica.

De ahí la dificultad para determinar si una cerámica y su decoración fueron hechas localmente o si fueron importadas de alguna fuente externa. Esto suele ser un factor importante que puede generar confusión en la interpretación tipológica establecida para un sitio o región en particular. En ello, la caracterización elemental por métodos fisicoquímicos y el análisis petrográfico de secciones delgadas es una buena alternativa para esclarecer dicho panorama.

La caracterización elemental de objetos arqueológicos por medio de la fluorescencia de rayos X (FRX) ha sido exitosa y refinada para materiales como la obsidiana, sobre todo, al momento de establecer huellas químicas relacionadas con su procedencia. En ese caso la huella química de este vidrio volcánico puede asociarse fácilmente a yacimientos previamente analizados con los mismos métodos espectroscópicos (Glascok 2011, Shackley 2011). Hasta la fecha, en el caso de la cerámica, dada la heterogeneidad de elementos que la componen, la obtención y procesamiento de la información se enfrenta a permanentes dificultades. Por un lado los límites de detección de los equipos que la analizan no siempre logra captar la presencia de todos los elementos que hacen parte de las mezclas y por el otro, la enorme diversidad geológica de las arcillas con la que está hecha la cerámica es difícil de determinar (Tykot 2016). Sin embargo, los estudios sobre este material son cada vez más comunes y necesarios.

Sin la implementación de equipos robustos capaces de generar información sobre la composición fisicoquímica de estos materiales como por ejemplo; el Análisis por Activación Neutrónica (INAA) (Speakman, Little et al. 2011) la Espectrometría de Plasma-Masa acoplada por inducción de Ablación con Láser (LA-ICP-MS) (Kennett, Sakai et al. 2002) la Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE) (Ruvalcaba Sil 2005), el análisis de la cerámica que busca establecer rangos de interacción por medio del intercambio y su posible modo de fabricación y procedencia, solo se podría apoyar de métodos más sencillos de clasificación, como las tipologías cerámicas.

Fluorescencia de rayos X (FRX)

La espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRX) es una de las técnicas más utilizadas para el análisis elemental de materiales (Artioli, 2010; Mantler y Schreiner 2000). Para la (FRX), el material que se analiza (cerámica) se irradia durante un corto período de tiempo. La irradiación de rayos X sobre el objeto, excita los electrones en los átomos que componen al material que se analiza. Para que el átomo deje de estar excitado, los electrones regresan a su estado base, emitiendo un fotón con energía en los rayos X. Los equipos de FRX, cuentan con un sistema de detección el cual detecta los fotones liberados por los electrones a medida que regresan a un estado más estable; e identifican la energía del fotón emitido, la cual será característica para cada elemento, permitiendo así, su identificación. Cabe aclarar que la profundidad de penetración de los rayos X depende de la composición del objeto (Liritzis and Zacharias 2011). Por lo tanto, en este estudio se considera como un análisis de superficie y depende principalmente de sus condiciones generales de calibración y la heterogeneidad del material.

Los principios físicos básicos de la técnica son bastante simples: la fluorescencia de rayos X se genera cuando se excita una muestra que se desea analizar con una fuente emisora de rayos X. Esta radiación incidente expulsa electrones de capas interiores del átomo (K o L), enseguida los electrones de capas más externas ocupan los lugares libres, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones: la que precisamente se denomina radiación X fluorescente o secundaria. Esta radiación de fluorescencia es característica para cada elemento químico y la concentración de cada uno de estos es detectada midiendo la intensidad. La intensidad se expresa por el detector, en el número de cuentas identificadas en cada pico espectral del elemento (Figura 9).

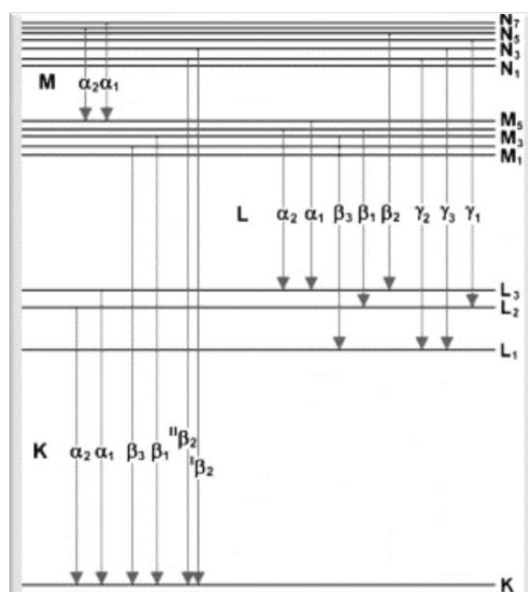


Figura 9. Representación gráfica de los niveles de energía de los electrones de los niveles K, L, M, N en un átomo. Asimismo, se muestran los valores $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$ y $M\alpha$ de transiciones electrónicas correspondientes a las líneas de emisión características de los rayos X (Imagen tomada de (Artioli, 2010 Pp.35).

Las líneas calculadas de emisión de rayos X para todos los elementos de la tabla periódica son una herramienta esencial para la interpretación de todos los espectros que desean medir, ya que estos son distintivos de cada elemento químico. Aunque el proceso de fluorescencia de rayos X puede ser activado ionizando los átomos con rayos gamma producidos por elementos radiactivos (por ejemplo, ^{57}Co , ^{109}Cd). La sonda incidente más difundida es un haz de rayos X producido por una serie de tubos diseñados para tal fin que operan a un alto voltaje (típicamente en el intervalo de 20-60 kV), su utilización radica en su portabilidad, facilidad de manejo, cantidad de información que se recibe (elementos mayoritarios y trazas), tiempo de adquisición es corto, entre otras propiedades (Artioli and Angelini 2010).

La gama de elementos que pueden ser analizados con instrumentos de escritorio y/o de laboratorio dependiendo de la energía de los rayos X primarios, de modo que las diferentes regiones de la tabla periódica son analizadas utilizando tubos de rayos X con diferentes ánodos, como cobre (Cu), molibdeno (Mo), paladio (Pd), rodio (Rh), plata (Ag), oro (Au) o wolframio (W), cada uno de los cuales produce una radiación característica y energía similar, pero la diferencias es la región del espectro en donde hacen mayor énfasis, uno o el

otro. Por supuesto, el ánodo seleccionado debe ser de un elemento no contenido en la muestra a analizar, debido a la superposición con las líneas características del tubo (Artioli & Angelini, 2010, p.:35).

A modo de ejemplo, un ánodo W (59.3 keV) puede excitar (dependiendo de la energía aplicada en el) las líneas *K* de los elementos con números atómicos 15-55 y las líneas *L* de los elementos con números atómicos 65-90 (Figura 10). Las líneas *K* de los elementos con números atómicos inferiores al Na ($Z = 11$) son fácilmente absorbidas por unos cuantos centímetros de aire y unos pocos micrómetros en el volumen de la muestra, así como por una delgada ventana de berilio (Be) que se suele utilizarse en los detectores de rayos X, por lo que no pueden analizarse con esta técnica de manera rutinaria. Si el haz de rayos X incidente es producido por un anillo de sincrotrón, entonces la técnica FRX se denomina SRIXE (emisión de rayos X inducida por radiación de sincrotrón), y ofrece algunas ventajas con respecto a los mismos experimentos realizados con instrumentación de laboratorio como por ejemplo; mejores límites de detección, mientras que la portabilidad se pierde y el costo económico se incrementa (Adams, Janssens et al. 1998).

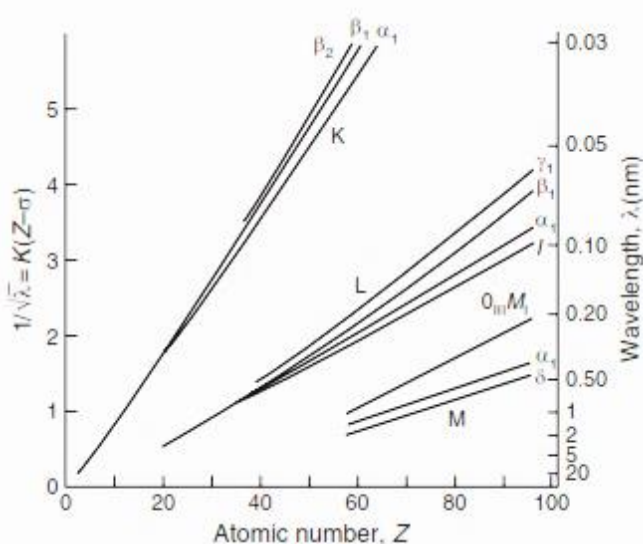


Figura 10. Diagramas de Moseley para las series K, L y M. Imagen tomada de (Artioli 2010:36)

La configuración experimental para la medición de espectros FRX se compone de una fuente de rayos X o de rayos gamma usados para irradiar la

muestra, un espacio para depositar la muestra y un sistema para detectar los rayos X. Los espectros de FRX típicos muestran la intensidad de la fluorescencia emitidos por la muestra en función de la energía (*en eV*), como se muestra en la (Figura 11). Después de la calibración y corrección apropiadas, las áreas debajo de los picos de fluorescencia se convierten en concentraciones relativas o absolutas de los elementos químicos analizados (Artioli 2010:35).

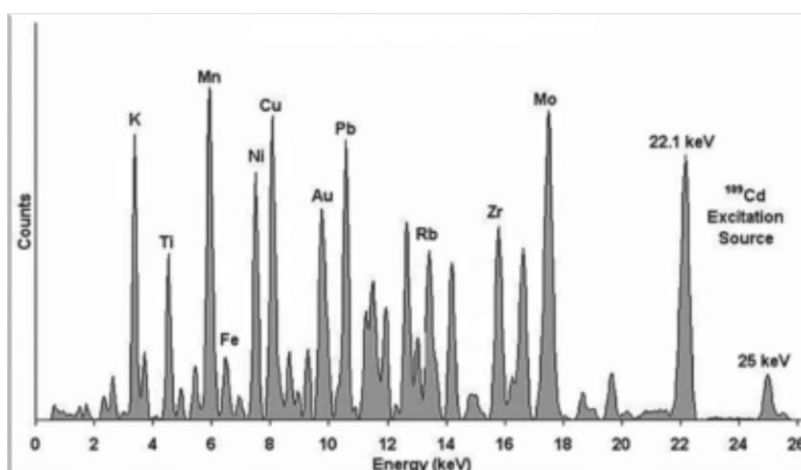


Figura 11. Espectro FRX de alta energía obtenido con una fuente radioactiva de ^{109}Cd de 22.1 keV. Imagen tomada de (Artioli 2010:36)

Existen dos tipos principales de sistemas de detección: los basados en detectores de estado sólido y analizadores multicanal capaces de medir directamente la energía de los rayos X fluorescentes (el sistema se llama *EDS*: espectrometría de energía dispersa) y los basados en una rejilla de difracción, típicamente un analizador de cristal único, que mide la energía de los rayos X fluorescentes indirectamente difractando las diferentes longitudes de onda de la señal fluorescente colimada en diferentes ángulos (el sistema se denomina *WDS*: espectrometría dispersiva de longitud de onda). Los espectrómetros *WDS* tienen menores tasas de conteo pero mayor resolución de energía (típicamente 5-10 eV) y por lo tanto pueden discriminar las líneas de fluorescencia superpuestas con más eficiencia, mientras que los espectrómetros *EDS* tienen mayores tasas de conteo pero sensiblemente más baja resolución de energía (típicamente 150-200 eV) Esto implica que la adquisición con *EDS* es mucho más rápida que con *WDS*, pero efectivamente con menor resolución (lo cual implica menor capacidad de separar la superposición de picos muy cercanos entre sí) (Artioli 2010:35).

Como consecuencia, los sistemas EDS-FRX se usan a menudo para mediciones rápidas de baja resolución, por ejemplo en aparatos portátiles usados para mediciones de campo (Longoni, Fiorini et al. 1998), mientras que los sistemas WD-FRX en laboratorio como el utilizado en este estudio, proporcionan mediciones de alta resolución con límites de detección hasta el nivel de *ppm* (partes por millón) en muestras ideales. Estos requieren tiempos de conteo más. Los espectrómetros EDS a menudo se acoplan con microscopios electrónicos (SEM, TEM) para proporcionar mediciones químicas complementarias además de imágenes, mientras que varios espectrómetros WDS están asociados principalmente con haces de electrones focalizados en la llamada sonda de electrones micro-analizadores (EPMA) (Artioli 2010:35–36). Es esquema básico de su funcionamiento se muestra en la (Figura 12).

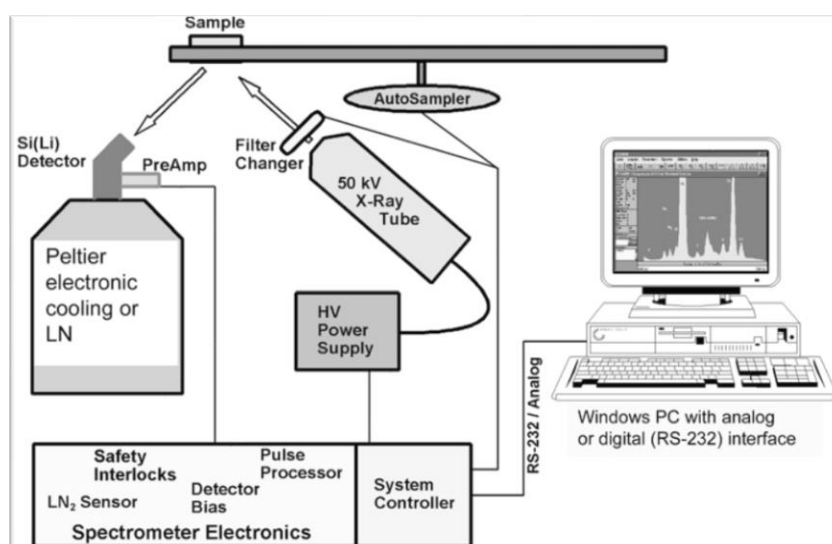


Figura 12. Esquema de un típico instrumento de FRX con energía dispersiva.

Imagen tomada de (Shackley 2011).

La sensibilidad potencialmente alta para la mayoría de los elementos y la relativa facilidad de operación hacen de la FRX una técnica analítica de uso muy extendido en arqueometría (Caneva and Ferretti 2000). Aunque en principio, los instrumentos de FRX no dieron la precisión instrumental que poseen otras técnicas como NAA o la ICP-MS, en la actualidad los avances en electrónica de detección y software han disminuido la diferencia entre estos instrumentos y, con la progresiva miniaturización, se ha logrado un salto tecnológico importante con el FRX portátil (Liritzis and Zacharias 2011). Estos autores han demostrado que

FRX es la mejor técnica para analizar rocas volcánicas cuando no es posible destruir la muestra a analizar. En cuanto a qué técnica es más efectiva, recientemente se abordó esta cuestión mediante la comparación directa de los resultados de NAA versus FRX para fuentes de obsidiana de México (Glascock 2011).

Una de las ventajas que posee la espectrometría de rayos X es que permite determinar las composiciones químicas en cuestión de segundos. Para un análisis de los elementos Ti-Nb en instrumentos de “escritorio” como el *Berkeley Spectrance* o las versiones *Thermo*, el tiempo de análisis puede durar cerca de 200 segundos por muestra (Shackley 2011).

Otro factor positivo de los análisis de FRX es que los instrumentos modernos funcionan bajo un software gráfico que posee una interfaz ágil que ayuda para un manejo sencillo permitiendo la medición de los espectros de forma intuitiva y fluida. Las tareas que en otra época requirieron de la presencia constante de un analista entrenado ahora pueden ser manejadas por estudiantes calificados y en general aparecen totalmente automatizadas (Shackley 2014).

Equipo SANDRA

El sistema de análisis de rayos x no destructivo (SANDRA) desarrollado en el LANCIC-IF está compuesto por un tubo de molibdeno (Mo), con una ventana de berilio (Be), un detector X-123 Si-PIN de Amptek y un colimador de 1.5 mm de diámetro (y por lo tanto el equipo tiene un área de análisis de dicho diámetro), (Figura 13) (Foto 16) (Ruvalcaba et al. 2010). Consta de dos láseres que se enfocan manualmente los cuales se usan como guía que permiten conocer el punto exacto de donde se está tomando la lectura de FRX, además se apoya de una cámara acoplada con el dispositivo para llevar registro de la región de análisis. Las condiciones utilizadas en estos análisis sobre la cerámica Trincheras fueron 0.200 mA, 35 kV y la adquisición del espectro duró 180 segundos por región de lectura (Foto 17).

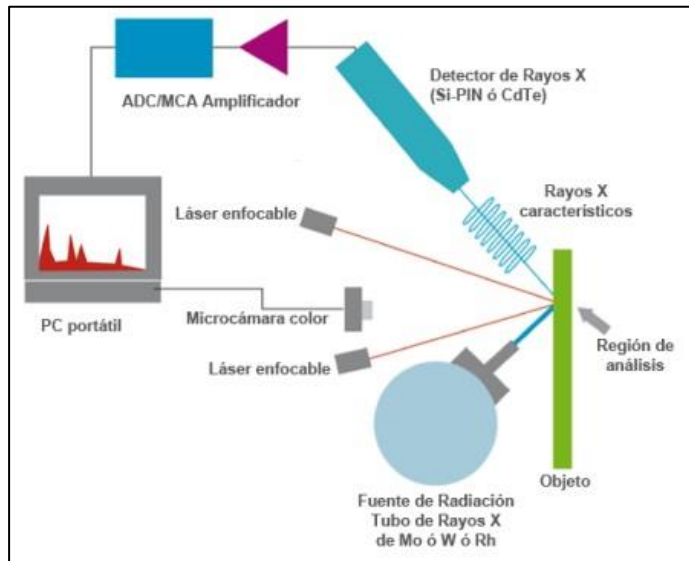


Figura 13. Esquema equipo SANDRA
 (imagen tomada de http://www.fisica.unam.mx/andrea/tecnicas_equipos/xrf.html)

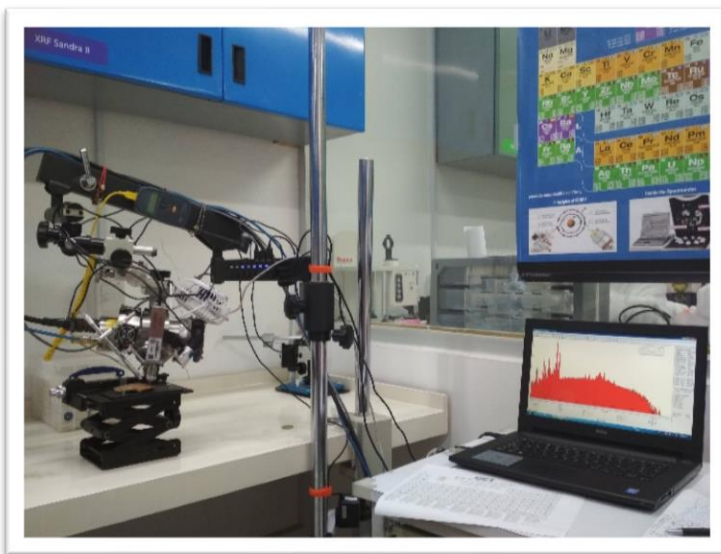


Foto 16. Equipo SANDRA (imágenes del autor) utilizado para la toma de espectros de FRX de los 61 fragmentos

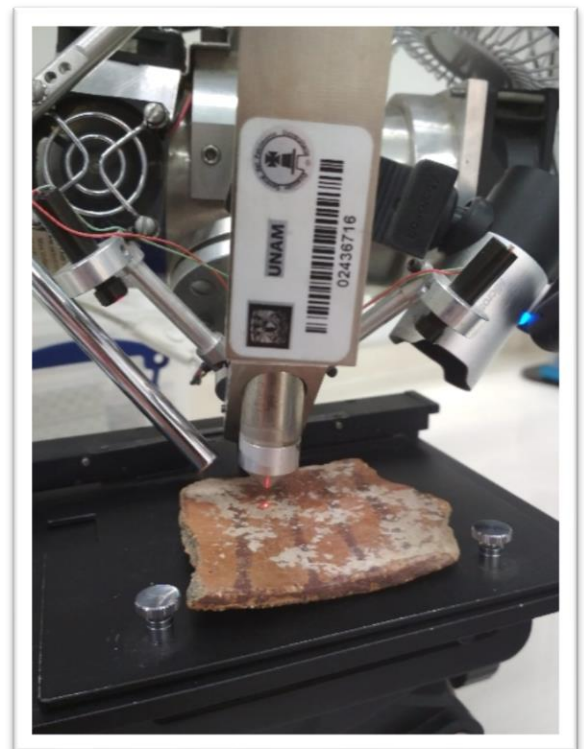


Foto 17. Láseres enfocando el punto de la toma del espectro FRX en la muestra 7 proveniente del sitio (SON:E:13:10), sector Paredones.

El equipo SANDRA estuvo conectado a una computadora portátil durante todo el proceso y se usó el software *Amptek DPPMCA* para la adquisición de datos (Foto 18). Para la calibración del equipo SANDRA, se proporcionaron referencias de sedimentos con composición muy similar (aproximadamente 90%) a la pasta cerámica estudiada. A saber, las referencias del NIST Roca basáltica 688, suelo Montana 2711 y suelo Río Buffalo 2704, las cuales fueron proporcionadas en el LANCIC-IF. Los estándares tomados a partir de la lectura de estas muestras son utilizados para calibrar el dispositivo experimental y tener una idea de la sensibilidad del equipo; así como para obtener información cuantitativa de los elementos identificados y comparar entre las concentraciones obtenidas por FRX.

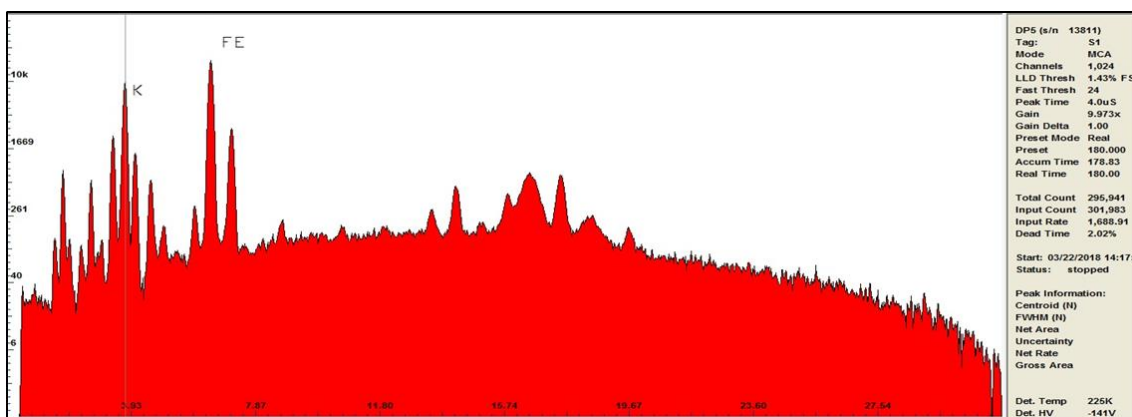


Foto 18. Software Amptek PMCA en la adquisición de datos FRX de una de las muestras

Metodología de trabajo

El análisis se realizó directamente sobre el artefacto, mediante el uso de técnica FRX el cual no es invasivo. Luego de tener claros aspectos básicos sobre el funcionamiento de los equipos y comprender que la obtención de la información química se logra induciendo un fenómeno físico sobre el material, se inició el muestreo de los fragmentos seleccionados por sitio y tipo. Los 61 fragmentos cerámicos seleccionados fueron sometidos al análisis elemental por FRX (Foto 19).



Foto 19. Proceso de toma de lecturas de FRX sobre el pigmento trincheras, con el equipo SANDRA- LANCIC-IF-UNAM- 2018.

Cada fragmento fue muestreado por sectores: pigmento, engobe y pasta. Si bien el interés de esta tesis es ahondar sobre el conocimiento de los pigmentos, la caracterización de las otras dos superficies (pasta y engobe) fue necesaria para contrastar la información adquirida en el muestreo sobre el pigmento de manera integral. Además de ser útil en esta tarea, tomar las lecturas en las otras regiones permitió hacer un estudio exploratorio sobre la diversidad composicional de la cerámica, lo cual puede confirmar el empleo de distintas fuentes de materias primas, con las que se elaboraban los objetos y sus decoraciones.

En cada fragmento cerámico se tomaron once (11) lecturas de FRX correspondientes a puntos sobre la superficie del fragmento con un tiempo de adquisición de 180 segundos. Cuatro (4) puntos sobre el engobe, cuatro (4) puntos sobre los pigmentos y tres (3) puntos en los costados de la pasta. El diámetro de cada lectura fue de 1 mm. Los once puntos se realizaron con el fin de obtener una lectura promedio de FRX de cada uno de los fragmentos (Foto 20). Se calcularon la media, la desviación estándar y la variación relativa de las intensidades máximas. En total se adquirieron 672 espectros de FRX los cuales se les realizó un primer procesamiento semi cuantitativo de las intensidades de los picos, a través del software *PyMca 5.2*.



Foto 20. Detalle de uno de los puntos para la adquisición de los espectros FRX sobre el pigmento. Muestra 1.

Para verificar la representatividad estas mediciones, ya explicamos que 11 espectros se adquirieron en cada uno de los 56 fragmentos dicromos (TPR y TPC), tomando 4 lecturas en pigmentos, 4 en engobes y 3 en pastas; mientras que en los 5 fragmentos policromos se tomaron 10 lecturas en total, 2 lecturas en cada una de las 3 superficies pictóricas (pigmentos púrpura, pigmento blanco y engobe rojo) y 3 lecturas en pastas a los costados de los fragmentos (Fotos 21 y 22).

Las lecturas se tomaron en diferentes puntos del cuerpo cerámico, a cada medición o lectura se le calcularon la media, la desviación estándar y la variación relativa de las intensidades máximas que luego fueron promediadas entre sí. Después de hacer todas las lecturas de pigmentos, engobes y pastas; cada conjunto de datos fue separado y tratado estadísticamente de manera independiente, con el fin de captar las variaciones más marcadas dentro de cada conjunto de datos. Las once lecturas de FRX obtenidas de cada fragmento, fueron promediadas y transformadas en logaritmo decimal $-\log_{10}$ (Glascok 1992) para solo trabajar con tres datos representativos de pigmentos, engobes y pastas por muestra. Por ejemplo, las cuatro mediciones obtenidas en los

pigmentos fueron promediadas entre sí, para obtener un único dato considerado representativo de dicha superficie y así con engobes y pastas.

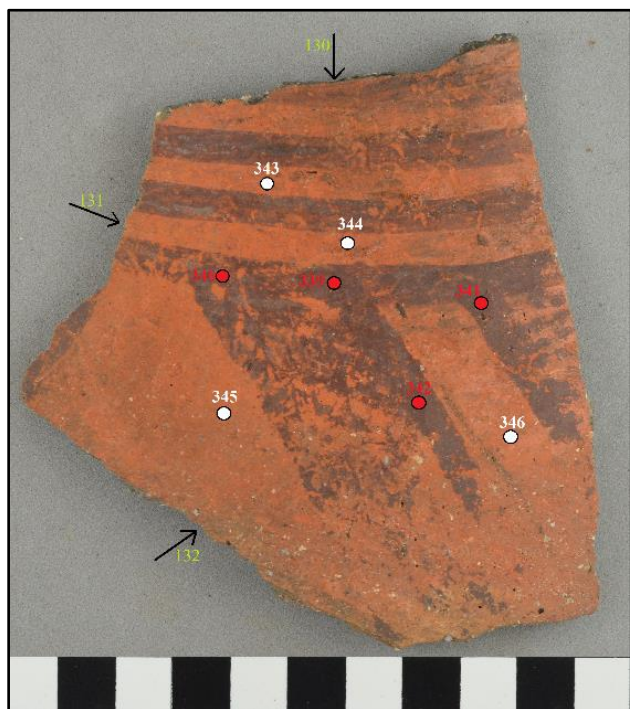


Foto 22. Puntos de análisis para fragmentos bicromos.
(Muestra 43 Tipo TPR (SON:E:9:3))

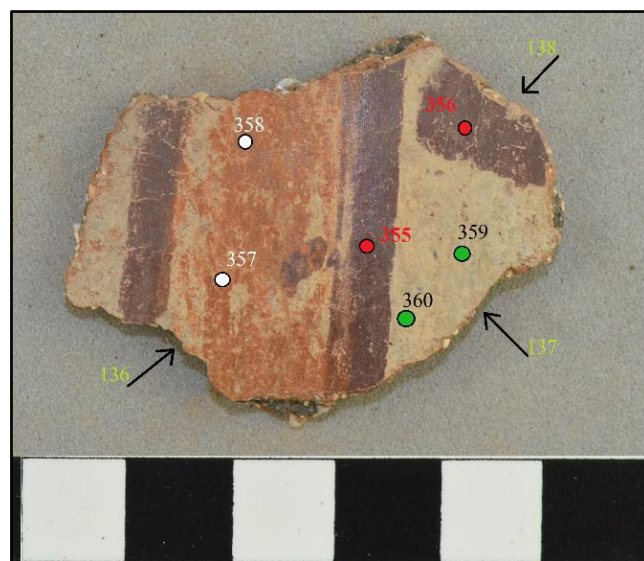


Foto 21. Puntos de análisis para fragmentos policromos (Muestra 45 Tipo Altar Policromo (SON:E:13:1))

Con lo anterior se cuenta con una "muestra" extendida de las capas superficiales de cada fragmento a una cierta profundidad, logrando obtener resultados representativos, que incluso con una resolución más baja en comparación con las técnicas disponibles en el laboratorio (LANCIC-IF), permitieron una caracterización completa del artefacto.

Los datos elementales obtenidos a través de FRX fueron procesados por diferentes tratamientos estadísticos, que buscaron generar un cuerpo multivariado de información el cual simplificara la explicación gráfica de los mismos (Shennan 1997, Baxter and Buck 2000, Buxeda i Garrigós, Cau Ontiveros et al. 2003, Drennan 2009). Dado que la mayoría de los investigadores utilizan estadística multivariada para identificar grupos, un número mayor de muestras ayuda a evitar que ocurran singularidades en los cálculos (Albero 2011). Cuando un alto número de elementos se analizan y los valores obtenidos se sitúan en un rango poco sensible estamos en la posibilidad de realizar

agrupaciones sólidas y consistentes de las muestras, así como sugerir una posible fuente de origen u producción común (Albero 2011:189).

Con respecto a este tratamiento estadístico descriptivo, Albero (2011) sugiere la utilización de un análisis multivariante de conglomerados jerárquicos utilizando agrupamiento centroide y distancia euclidiana al cuadrado. Asimismo, sugiere el uso de los datos transformados en logaritmos de razón con base al elemento más estable (Albero 2011:195). Es necesario recordar que, todo el tratamiento estadístico tiene como finalidad observar patrones, a partir de datos concretos obtenidos de la evidencia arqueológica. Sin olvidar que son análisis de carácter exploratorio, que deben seguir testándose a futuro con múltiples técnicas de detección y con muestras más representativas que brinden la posibilidad de evaluar hipótesis de índole antropológico.

El análisis químico abordado a través de FRX tiene como fin realizar una exploración a la composición geoquímica que presentan las muestras cerámicas de forma que se puedan inferir diferencias básicas entre las diferentes muestras (Albero 2011:198). Así mismo se puede considerar que a partir de una muestra representativa de lugares geográficos separados entre sí, las diferencias composicionales entre los distintos depósitos de arcilla o fuentes de materia para adquirir el color (pigmentos) resultan mucho mayores que los márgenes de error intrínsecos que se generan por el uso de equipos de laboratorio (Albero 2011:199). De esta manera un análisis elemental con una precisión limitada, como lo es la FRX, puede generar datos válidos referentes a la composición química de los diferentes fragmentos cerámicos a analizar (Albero 2011; Pollard et al. 2007).

Análisis multivariado de componentes principales (APC)

Los análisis de estadística multivariante se han usado en arqueología desde finales de los años 1960s para tabular y graficar valores cuantitativos sobre información puntual –en este caso la información sobre los elementos químicos presentes en cada lectura de FRX-, que sirve para identificar tendencias e individualizar muestras que tienen un comportamiento estadístico diferente al resto. Para lograr esto, en la actualidad existen softwares libres,

equipados con “paquetes algorítmicos” especializados que son extensos conjuntos de métodos estadísticos y matemáticos programados para hacer clasificaciones jerárquicas de datos, los cuales sirven para analizar, describir, estructurar e interpretar datos obtenidos a partir de observaciones que incluyen más de una variable, estos permiten generar cálculos complejos en segundos y visualizarlos a través de diagramas vectoriales, representaciones arborescentes (dendrogramas), diagramas de dispersión, gráficos de barras porcentuales, etc. (Gomez 1987)

En general, este tipo de clasificaciones se construyen agregando datos cualitativos (número de muestra, sitio y tipo) estas funciones son variables, llamadas “funciones discriminantes” que ayudan al programa a generar relaciones entre las variables observadas y entre ellas para la correcta interpretación de la información.

Con respecto a este tratamiento estadístico, Daniel Alberó (2011) en su tesis doctoral sobre caracterización cerámica arqueológica de la península Ibérica, sugiere la utilización de un análisis multivariante para efectuar análisis de componentes principales por conglomerados jerárquicos (particiones o *Clusters*) se debe utilizar agrupamiento por “centroide” a una distancia euclidiana al cuadrado. Asimismo, sugiere el uso de los datos transformados en logaritmos de razón con base al elemento más estable (Alberó 2011:195), en nuestro caso esta transformación se hizo a la suma total de la intensidad de elementos por lectura.

En el caso de la cerámica Trincheras, las variables son los diversos elementos químicos detectados y medidos por el FRX durante el análisis de cada fragmento. Aunque el equipo SANDRA es capaz de detectar y medir muchos elementos, en trabajos anteriores (Ruvalcaba, Ramírez et al. 2010), se consideraron solo cuatro variables (elementos) como determinantes para el análisis de fragmentos de cerámica (Josa, Bertolino et al. 2010).

Establecimiento de grupos composicionales

La intensidad de la señal XRF de cada elemento se calculó utilizando el software *PyMCA*, una herramienta de Software libre para el análisis espectral

FRX creado por el Grupo de Software de la Instalación Europea de Radiación de Sincrotrón (ESRF) (Solé, Papillon et al. 2007). El software realiza la *deconvolución* (procedimiento matemático) del pico de cada espectro obtenido por el SANDRA y le resta de fondo valores sobrantes, de manera muy eficiente para todos los elementos de interés. Se consideraron las K líneas de cada elemento (Angeli et al., 2018).

El software *PyMCA* puede proporcionar información cuantitativa sobre la composición de las muestras, después de la calibración con al menos un estándar de composición similar a los objetos del análisis. Sin embargo, los rayos X penetran debajo de la superficie de la muestra a profundidades mucho mayores que el grosor de la capa de decoración (pigmento y engobe), que también varía de un punto a otro y de una muestra a otra, según las condiciones de la superficie y el estado de conservación de la muestra. Por lo tanto, no se consideró para los propósitos de este trabajo un análisis cuantitativo de todos los elementos químicos.

Análisis estadístico

La literatura que señala los procedimientos estadísticos es enfática en señalar que el uso de estas herramientas analíticas son el vehículo para generar grados de certeza sobre la composición de los materiales. Si bien la pauta para establecer patrones de procedencia requiere de caracterizaciones previas del orden geológico y mineralógico, las agrupaciones y tendencias observadas al interior de una muestra representativa como la del presente estudio ayudan a orientar la discusión sobre las dinámicas sociales que produjeron el patrón observado (Miksa 2001, Drennan 2009, Villalpando and McGuire 2009, Glascock 2011, Shackley 2014, Hunt 2017).

El análisis de componentes principales (PCA) *principal component analysis* por sus siglas en inglés, es un método de análisis estadístico usado generalmente en arqueología para resolver preguntas sobre el origen o procedencias de los materiales usado desde la década de 1960 y probado para estudios cuantitativos que usan la estadística multivariada.

Existe una extensa literatura construida a partir de la progresiva experimentación en diferentes superficies cerámicas, cuya caracterización fisicoquímica con diferentes equipos, ha brindado alternativas interpretativas sobre el uso, la procedencia y los modos de fabricación de dicho material (Baxter 1994, Baxter and Buck 2000, Janssens, Vittiglio et al. 2000, Glascock, Neff et al. 2004, Uda, Demortier et al. 2005, Pollard, Batt et al. 2007, Drennan 2009, Albero 2011, VanPool and Leonard 2011, Nostrom 2014, Shackley 2014, Baxter 2015, Rice 2015, Carlson 2017). Los PCA, son grupos que básicamente minimizan las diferencias intergrupales y maximizan las diferencias entre grupos.

Estos componentes principales (PC) se crean ponderando óptimamente las variables observadas, en este caso las intensidades o concentraciones elementales, de manera que cada componente creado tenga en cuenta la cantidad máxima de variación posible. Para corroborar el número de componentes más significativos de la variación general, se realizó una validación de métodos por medio de un análisis de conglomerados o *clusters* (Nostrom 2014). Es decir, la separación de PC se usa fundamentalmente para discriminar mejor la variación.

El procesamiento de los datos por medio de la definición de PCA intenta crear un número variables artificiales limitadas, *llamadas componentes*, los cuales surgen a partir de un conjunto mayor de variables observadas con algún grado de correlación. Cuando el procedimiento tiene éxito, tales componentes creados deben explicar la mayoría de la variación observada en las variables originales (Drennan 2009). Se supone que los diferentes grupos que se crearán en función del proceso de reducción variable corresponderán a diferentes fuentes de arcilla y otros materiales utilizadas por las personas que fabricaron los diferentes tipos cerámicos y sus decoraciones.

Al hacer una referencia cruzada de los diferentes grupos de tiestos creados por PCA con otras variables relacionadas con el sitio y el tipo de cerámica, se debe poder determinar cualquier vínculo entre el uso de la fuente de materias (bien sea para el pigmento, engobe o arcilla) y los tipos de cerámica como tal (VanPool and Leonard 2011). Esto ayudaría a responder preguntas de la tesis sobre la utilización de la fuente de materias prima y la posible

diferenciación de recetas pictóricas por tipo de cerámica y su respectivo sitio de producción o consumo.

Separación de grupo por análisis multivariable

Una técnica multivariable comúnmente utilizada para encontrar grupos en los datos obtenidos a través de FRX es el análisis de conglomerados jerárquico (Hall 2017). Aquí se calculan los coeficientes de disimilaridad para todos los pares de datos. Luego un algoritmo (por ejemplo el Método de Ward) agrupa los datos en forma jerárquica y los presenta en forma de un dendrograma (Carlson 2017). Los datos utilizados en el análisis de conglomerados pueden ser los datos químicos sin procesar, los datos transformados por normalización o los puntajes del componente principal (PC) (Hall 2017).

El análisis de componentes principales (PCA) es una técnica de ordenación multivariada que también se usa comúnmente en estudios de composición cerámica. La técnica transforma una serie de variables correlacionadas en variables linealmente no correlacionadas conocidas como componentes principales (PC) (Baxter 1994, Shennan 1997). La transformación es tal, que la mayor parte de la varianza está contenida en la primera PC, mientras que el segundo PC contiene la segunda mayor cantidad de variación (Shennan 1997). Como regla general, el número de muestras analizadas debe ser un mínimo de dos o tres veces el número de elementos analizados, por lo tanto, si se están midiendo veintisiete elementos químicos, idealmente deberían analizarse más de cincuenta y cinco muestras (Hall 2017). Para el presente trabajo se estima trabajar con cerca de 15 elementos, que fueron seleccionados según su presencia en pastas, pigmento y engobe, por lo que este criterio queda solventado.

El análisis químico abordado a través de FRX tiene como fin realizar una exploración a la composición geoquímica que presentan las muestras cerámicas de forma que se puedan inferir diferencias básicas entre los diferentes especímenes. Así mismo, se puede considerar que las diferencias composicionales entre los distintos depósitos de arcilla o fuentes de materia para adquirir el color resultan mucho mayores que los márgenes de error intrínsecos

que se generan por el uso de equipos de laboratorio (Albero 2011). De esta manera un análisis elemental con una precisión limitada, como lo es la FRX, puede generar datos válidos referentes a la composición química de los diferentes fragmentos cerámicos a analizar (Albero 2011; (Pollard, Batt et al. 2007).

La aplicación exitosa de PCA en un conjunto de datos debe, por diseño, ilustrar y/o satisfacer el postulado de procedencia y la detección de marcadores químicos diferenciales denominados “huella química”. Los PCA son un método apropiado para usar en el estudio de los pigmentos, engobes y pastas de la cerámica arqueológica, porque no asumen que existe una correlación entre las variables que se están probando. Los resultados del análisis establecerán si existe una correlación entre dichas variables (Abboud 2016).

Fase IV: Análisis microestructural

Microscopía electrónica de barrido/dispersión de rayos X (SEM/EDS)

Después del análisis por FRX de los 61 fragmentos, se obtuvieron datos precisos que permitieron identificar muestras, que, por sus características elementales, podría corresponder a grupos de pigmentos potencialmente distintos. En total se eligieron 11 fragmentos que, por las particularidades antes mencionadas, sirvieron como individuos representativos para clasificar y describir algunas de las características diagnósticas presentes en los pigmentos producidos por los alfareros trinchereños.

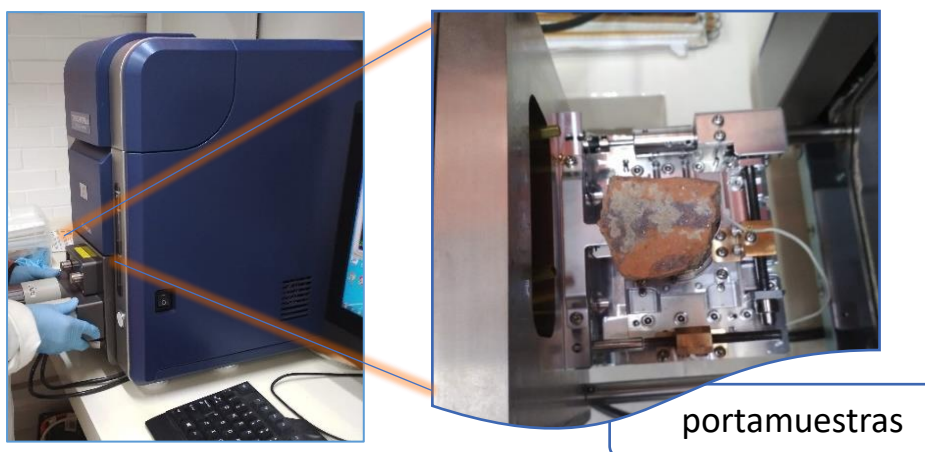


Foto 23. Equipo SEM/EDS en laboratorio y proceso de barrido en muestra 1, sitio (SON:E:13:6).

Se utilizó para tal fin, el microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS) *TM3030 plus Hitachi* (Foto 23). Este equipo permitió generar, por una parte, imágenes de electrones retrodispersados de alta resolución donde se ve al detalle las diferencias entre la composición del engobe y el recubrimiento pictórico denominado trincheras púrpura y por otra, contrastar de manera más clara, las diferencias elementales evidencias con la FRX, en los dos grupos composicionales previamente identificados. Todas las muestras se colocaron en el portaobjetos, sin un tratamiento previo. Las imágenes y mediciones se centraron en los recubrimientos pictóricos, a fin de caracterizar las diferentes partículas que lo componen.

La técnica por microscopía electrónica de barrido (SEM), permite adquirir imágenes de alta resolución en detalles de hasta X10 000 visualizando los distintos tamaños y morfologías de los materiales que componen la muestra a escala de micrómetros (μm) y nanómetros (nm), al tiempo que produce una caracterización elementalmente de la misma. Dichas imágenes se pueden obtener con electrones secundarios y retrodispersados, que nos dan información referente a variaciones composicionales de la muestra a través de su distinta intensidad y visualmente se expresará con diferencias en color entre el blanco y el negro, pasando por todas las franjas de grises. El equipo crea una imagen a partir de las señales elementales que emite determinado tipo de muestra. Mientras que los electrones secundarios permiten observar la textura y características morfológicas de las fases analizadas (topografía) (Arenas, Silva et al. 2010).

Mientras que la caracterización elemental se logra con un detector de rayos X (EDS), el cual permite identificar los elementos presentes en la muestra y obtener su concentración de manera semicuantitativa. Esto lo logra utilizando un barrido con haces de electrones acelerados que van incidiendo en la superficie de la muestra puesta en una cámara al vacío. Visualizando posteriormente una serie de análisis cuantitativos sobre cada elemento químico presente en la región seleccionada.

Como ya se mencionó, este equipo genera imágenes de alta resolución a blanco y negro, donde los tonos más claros corresponden a zonas de mayor número atómico mientras que las más oscuras corresponden a elementos ligeros (Juanes, Martín de Hijas Díez et al. 2008) los cuales crean una buena profundidad de campo, óptima para seleccionar punto y materiales específicos en diámetros de micras (Wright 2010), con esto se logra observar aspectos tecnológicos sobre la aplicación de la mezcla colorante, tales como el grosos y la concentración, así como la dirección en la que se acomodaron los materiales del materia. La sensibilidad de esta técnica es ideal para caracterizar recubrimientos aplicados en la superficie de la cerámica (Arenas, Silva et al. 2010).

Sin embargo, la utilización de esta técnica se ve un poco limitada para estudiar fragmentos grandes de cerámica ya que las dimensiones del “porta muestra”, el cual es de tan solo 8cm de ancho por 5cm de largo y 4cm espesor. Puesto que nuestro análisis fue no destructivo, los fragmentos de cerámica que se seleccionaron para este análisis tenían que cumplir con dimensiones menores a las de la capacidad del equipo.

Por otra parte, el manejo de este equipo requiere un análisis invasivo y los tiempos en el análisis de cada muestra requiere mayor inversión en su duración. Varios autores que han implementado esta técnica (Wright 2010, Albero 2011), comentan que para la cerámica arqueológica y sobre todo, de sus recubrimientos pictóricos, es más eficaz trabajar con secciones delgada que sobre en seco, pues en ellas se podrían describir de forma estratigráfica, las diferentes capas que componen los recubrimientos pigmentarios.

Algunas limitaciones y beneficios de las técnicas analíticas.

El trabajo realizado para esta tesis se considera un primer acercamiento al universo de variación compositiva al interior de los pigmentos desarrollados por las comunidades Trincheras. Este estudio pretende aportar información a las investigaciones futuras y ayudar a definir preguntas más pertinentes y acotadas sobre las diferencias tecnológicas presentes en la cerámica perteneciente a dicha tradición arqueológica, conforme las evidencias expuestas aquí. La investigación de la tesis también sirve como una prueba sobre de la utilidad y

limitaciones de la FRX para realizar análisis compositivo en soportes como la cerámica arqueológica

La técnica de FRX y las condiciones del equipo SANDRA por sus características de configuración, tiende a ser más sensible con los elementos pesados (Fe, Ca, K). Sin embargo, en el caso de las arcillas y sedimentos tiene un límite de detección se encuentran entre la sensibilidad al silicio (Si), respecto al hierro (Fe). Esto se debe a un fenómeno conocido en física como “sección eficaz” (Ruvalcaba, Ramírez et al. 2010), por lo tanto algunos elementos más ligero y elementos traza, pueden llegar a no detectarse con claridad. La corriente, el voltaje y el tiempo son condiciones que se pueden controlar en este equipo, las cuales se ajustan según el soporte del objeto analizado (metal, óseo, lítica, cerámica, etc.), la composición esperada y a las necesidades del estudio, esto es un aspecto importante que considerar e influye en el tipo de fluorescencia observada.

Mientras que la composición química de la cerámica es representativa de la composición de la materia prima principal con la que se realizó el recipiente cerámico (Shackley 2014), la composición química del recubrimiento pictórico presenta dificultades para su caracterización, puesto que algunas de ellas son producidos a partir de mezclas de materiales de origen orgánico que otorgan propiedades específicas de consistencia, brillo y cualidades ópticas que determina su tonalidad, detectables solo con técnicas moleculares y decoraciones aplicadas post -cocción.

Otro factor importante a considerar es la representación de la muestra y su homogeneidad, esto suele ser un parámetro crítico que afecta la incertidumbre de la medición total, además de la morfología, la uniformidad, los contenidos de humedad y las condiciones de conservación de la superficie de los artefactos (Artioli and Angelini 2010). La espectroscopia FRX no es una herramienta perfecta para analizar los elementos ligeros (más ligeros que el sodio (Na) con número atómico $z = 11$) debido a los débiles rayos X emitidos por estos dispositivos, que son absorbidos por algunos centímetros en el aire y pocos micrómetros en el volumen de muestra (Artioli and Angelini 2010). La FRX se usa generalmente para el análisis elemental cualitativo distinguiendo y

agrupando elementos químicos, a partir de tendencias al interior de una muestra. Como se ha realizado en el presente estudio.

Conviene señalar algunas otras dificultades a la hora de establecer vínculos entre la procedencia y la fabricación de pigmentos en cerámicas arqueológicas. En primer lugar el muestreo geoquímico de fuentes con materiales arcillosos potencialmente utilizables para la fabricación de cerámica y pigmentos, incide en la posibilidad de determinar la procedencia de estos materiales, o en su defecto un muestreo de materiales pictóricos utilizados en la actualidad por alfareros de la región, podría proporcionar datos útiles para el establecimiento de grupos de referencia, es decir, se hace necesario para determinar procedencia aquellos grupos que desde el punto de vista químico, son composicionalmente similares (Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011).

En la actualidad no se cuenta con estudios que busquen localizar fuentes de materia prima, a partir de la caracterización y comparación de fuentes de materia prima. La elaboración de grupos de referencia se puede hacer desde un enfoque etnoarqueológico, experimental o petrográfico a partir de la elaboración de secciones delgadas. En este trabajo al no contar con estudios sobre dichas fuentes de materiales, el procesamiento de los datos se ha centrado en asociar el material muestreado entre sí, a partir de la identificación de grupos composicionales.

Por otra parte, los estudios arqueológicos que buscan identificar dichos grupos de referencia se deben efectuar en contextos arqueológicos de producción de cerámica, de preferencia talleres, hornos y áreas de trabajo donde existe mayor probabilidad de generar vínculos de proximidad con un origen local. De lo contrario, aquellos yacimientos o zonas arqueológicas catalogadas simultáneamente como centros de consumo o de recepción de las piezas a analizar, existe estadísticamente un mayor grado de incertidumbre con respecto al carácter de su origen local o foráneo (Frère 2016).

Un aspecto positivo es que la aplicación de la FRX permite realizar la caracterización de la composición química que contribuye a discriminar entre muestras que correspondan a producciones locales y foráneas, ya que estas últimas suelen presentar una composición característica distintiva al conjunto

principal considerado como local. De ser así, sólo cuando su origen diferencial está asegurado analíticamente dichas muestras pueden considerarse como una importación (Albero 2011). La identificación de estos grupos permite hacer inferencias antropológicas sobre las dinámicas de intercambio de materiales, ya que a partir del análisis de una muestra representativa, se logran diferenciar conjunto de materiales que representan localidades diferentes, lo cual puede usarse como un indicador de interacciones de distribución y/o consumo interregionales (Eerkens, Neff et al. 2002). Sin embargo es importante tener especial cuidado con la variabilidad dentro de una misma fuente, la diversidad de materiales utilizados como parte de una tecnología de manufactura, aspectos que se discutirán más adelante.

Si bien es cierto que existen varias técnicas (destruktivas y no destruktivas) con efectividad probada en la caracterización de materiales arqueológicos *in situ*, la Fluorescencia de Rayos X (FRX) permite un primer acercamiento para observar tendencias, hacer agrupaciones y detectar materiales anómalos en el conjunto de muestras analizadas, permitiendo agrupar muestras y someterlas a otros métodos de análisis con rangos de sensibilidad diferentes para poder cruzar información y responder otro tipo preguntas. Aunque el comportamiento humano puede alterar la firma química de los materiales (arcillas y colorantes), por ejemplo, con la mezcla de arcillas o la adición de desgrasante, algunos autores afirman que esto no impide que se puedan identificar grupos composicionales únicos, estadísticamente significativos para diferenciar procedencias y técnicas de elaboración (Arnold 1991, Kennett, Sakai et al. 2002, Neff 2002).

Otra ventaja del análisis químico es que permite hacer agrupaciones tentativas de muestras cerámicas en función de un origen geoquímico diferencial, principalmente en áreas donde la mineralogía es uniforme, es decir donde la similitud geológica sea la norma (Albero 2011). Sin embargo, la caracterización de pigmentos por FRX, tiene múltiples dificultades y siempre es aconsejable la utilización de técnicas complementarias de caracterización elemental como la Difracción de Rayo X (EDS) o la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Además, si se busca una caracterización completa de los pigmentos, es necesario también determinar elementos orgánicos – extractos

vegetales y grasas animales presentes los pigmentos-, para poderlos aplicar, por medio de análisis moleculares como la Cromatografía de Gases (CG-MS), Espectroscopia Mössbauer o la Espectroscopía Raman, que permite aportar información sobre el comportamiento de dichas sustancias presentes en el pigmento (Albero 2011, Gialanella, Belli et al. 2011, Centeno, Williams et al. 2012, Bersani and Lottici 2016, Romano, Pappalardo et al. 2017).

Así pues, las potenciales agrupaciones que se obtuvieron del análisis elemental de los pigmentos, engobes y pastas cerámicas permitirán diferenciar procesos de manufactura semejantes más que el origen de la materia prima (Albero 2011:188). Esto es así debido a que la cerámica que se analizó es el resultado no sólo de la elección de una materia prima específicas sino además es producto de las acciones realizadas por los alfareros, quienes suelen alterar la composición química de la materia prima original, a partir de la creación de arcillas especialmente diseñadas por medio de la mezcla de varias tierras diferentes y agregados intencionales, bien sea para adquirir colores específicos o propiedades termo-resistentes que el alfarero busca intencionalmente, siguiendo necesidades y creencias culturales que proporcionarán cierto grado de regularidad en las tradiciones de manufactura a través del tiempo (Tite 2008).

Número y separación de grupos de pigmentos y engobes

Como se desarrollará más adelante en el capítulo 5, el análisis de las muestras incluye una separación de grupos composicionales (GC) utilizando varios paquetes estadísticos (*K-means*, *Clúster*), incluidos en el Software R. los cuales se basan en mediciones y cálculos probabilísticos entre la información proporcionada para cada muestra y superficie de análisis. Basado en los datos obtenidos durante la caracterización elemental realizada con la fluorescencia de rayos X (FRX), la separación de grupos mostrará tendencias sobre el total de las muestras y discriminará aquellas que son atípicas, a fin de individualizar sus propiedades (Análisis discriminante). Es decir, se observará agrupaciones o dispersiones por sector, por tipo cerámico y por “huella” química diagnóstica de cada muestra y superficie de análisis. Generando conglomerados que representas los componentes principales (PC) de cada paquete de datos.

Se usaron grupos siguiendo la pauta de un estudio anterior que usó tres grupos (Josa, Bertolino et al. 2010). Una regla de oro consiste en observar un diagrama *K-means* que muestra cómo aumenta el total dentro de la suma de cuadrados a medida que disminuye el número de grupos. A medida que disminuya el número de grupos, aumentará el total dentro de la suma de cuadrados del grupo.

Se hizo estadística de congruencia para comparar los datos observados con los datos aleatorios y ver cómo se comportan ambos conjuntos a medida que disminuye el número de grupos y se decide cual es el que tiene mayor porcentaje de confiabilidad al interior de la varianza de este. Los datos aleatorios no tienen los mismos valores que los datos observados, por eso en cada columna (variables) se asignan al azar para que se elimine cualquier correlación entre las variables, tal como lo sugiere (Carlson 2017).

Consideraciones sobre posibles alteraciones postdeposicionales en la cerámica.

Es importante considerar los factores que inciden en la degradación de los materiales arqueológicos. La cerámica por sus características estructurales tiende a absorber elementos químicos a su composición original. Lo anterior solo ocurre bajo condiciones de degradación muy específicas, en contextos con alto grado de humedad y acidez. Pero también dependen de la temperatura de cocción y las arcillas utilizadas para la elaboración de la cerámica, así como de los tratamientos previos a modelado, como por ejemplo los acabados de superficie con bruñidos, pulidos, engobes, pigmentos y/o esmaltados que previenen la oposición y contaminación de las piezas.

Un estudio realizado sobre láminas delgadas de cerámica provenientes de sitios costeros de Papúa Nueva Guinea, caracterizadas químicamente por el método de ablación láser como sistema de introducción de muestra a la espectrometría de masas con fuente inductivo de plasma de acoplado (LA-ICP-MS), permitió la detección de muestras con picos –espectros- diferenciales (Golitko, Dudgeon et al. 2012). Dichos picos corresponden a concentraciones de

bario (Ba) adquiridos por procesos postdeposicionales, es decir, enriquecimiento de sales por procesos tafonómicos.

Dicho estudio concluyó que existen cinco (5) posibles factores para dar explicaciones a la química general observada en las muestras cerámicas costeras. Las variaciones elementales que derivan en los grupos composicionales distintivas pueden 1) reflejar el origen de las arcillas que representa la huella química de una fuente geológica cercana: 2) son diagnósticas para interpretar y diferenciar las técnicas de preparación de las pastas y sus recubrimientos decorativos, pues han modificado la composición original de la materia prima, mediante la adición de desgrasantes y otros materiales colorantes que difieren químicamente de la arcilla utilizada como base de preparación, 3) dichos grupos pueden ser el resultado del uso de la cerámica, por ejemplo, la lixiviación de sustancias orgánicas en las paredes y bordes de los recipientes. 5) han sido alteradas por el contexto estratigráfico que incide en diferentes procesos tafonómicos (Golitko et al., 2012, pp. 89-93).

Los autores sugieren descartar los efectos de alteración postdeposicional en el patrón químico observado mediante la utilización de instrumentos como la espectrometría de masas con fuente inductivo de plasma acoplado (LA-ICP-MS), antes de llegar a inferencias significativas de orden antropológico. Se menciona algunos de los principales cambios químicos que pueden ocurrir sobre los fragmentos cerámicos, alterando su composición elemental son, por ejemplo, la fijación de manganeso durante el desarrollo de suelo en ambientes reductores o el enriquecimiento de fosfatos por la actividad orgánica, entre otras condiciones de pH (Golitko et al., 2012, p. 97) caso que no es tan recurrente lugar en el área de estudio.

CAPÍTULO V: ESTUDIO DE CASO.
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN
ARQUEOMÉTRICA

Introducción

En este capítulo se procederá a exponer los resultados obtenidos a partir de las técnicas propuestas, basadas en el microscopio de Luz Polarizada, la espectrocolorimetría, FRX y MEB. Se expondrán algunas tendencias y rasgos que tienen en común las capas pictóricas (pigmento), los engobes y las pastas de la cerámica Trincheras, señalando particularidades sobre los grupos composicionales detectados en cada una de las superficies analizadas, buscando integrar rasgos tecnológicos del color, identificadas gracias a las técnicas aplicadas.

Se inicia brevemente con los resultados de la *revisión superficial* (fase II), haciendo las descripciones generales de lo observado por medio del microscopio óptico de luz polarizada (LP) donde se seleccionaron los puntos de análisis por FRX, después se exponen los resultados de la clasificación de color realizada con el espectrocolorímetro donde se discute sobre la poca variación del color presente en los tipos cerámicos.

Posteriormente, en los análisis de la fase III, se explicará primero el tratamiento estadístico multivariante para obtener la información, los principios fisicoquímicos y limitaciones de la FRX a la hora de definir grupos de elementos, así como sus alcances al momento de generar inferencias antropológicas sobre el material arqueológico por medio de la *caracterización elemental*. Por último, se presentan y enuncian los resultados de la fase IV del protocolo arqueométrico en donde las muestras seleccionadas para el *análisis microestructural* por SEM/EDS revelaron las principales características texturales y composicionales que distinguen los grupos de pigmentos identificados.

Con tal de no perder de vista todas aquellas pautas culturales que podrían haber influido en su distribución y composición, se postulan hipótesis alternativas con miras a encaminar discusiones futuras. Actividad necesaria en la disciplina arqueológica que busca aproximarse a las sociedades humanas del pasado por medio del registro de su cultura material y la preocupación sobre las características de este. (Jones 2004, Pollard, Batt et al. 2007, Albero 2011, Rice 2015, Frère 2016).

Resultados Fase II: Análisis de superficies

Microscopía Óptica (LP)

El primer análisis consistió en la observación por microscopio óptico con luz polarizada (LP), en donde la revisión de las superficies decoradas permitió identificar (1) manchas de combustión que pueden ser al momento de la fabricación del recipiente o por efectos postdeposicionales y también de patinas que se desarrollan por la explosión de los fragmentos a condiciones relativamente altas de oxidación al encontrarse expuesto en la superficie. (2) los sectores del pigmento cuyo grosor fuera idóneo en la lectura de la mayor cantidad de material colorante por medio de la FRX. (3) las diferencias entre los materiales con y sin hematita especular presentes en el pigmento, cuya estructura granulométrica presenta partículas de hierro de diferentes tamaños. (4) observar el efecto visual que genera la incidencia de la luz polariza sobre ciertos minerales que forma parte del recubrimiento pigmentario (5) trazos de pincel, grosores y la dirección e intensidad del arrastre al momento de la ejecución de algunos diseños decorativos.

1) Gran parte de la matriz edáfica donde fueron recolectados estos materiales se compone de arenas y depósitos calcáreos con altos contenidos de calcio y silicatos. En algunos casos, la constante sedimentación de exoesqueletos marinos como conchas de moluscos y otros invertebrados marinos enriquece las costas con minerales del grupo de los carbonatos de calcio. En algunos fragmentos, se pudo observar la formación de costras de estos minerales carbonatados derivadas de proceso de intemperismo que, por una parte, afecta la visualización de las decoraciones como tal y contribuyen al desprendimiento progresivo de los recubrimientos pictóricos, por ende, la erosión misma de la evidencia cerámica en ambientes costeros (Foto 24).

De los 61 fragmentos, solo 11 contaban con notorias capas de carbonatas que afectaban el pigmento. Cinco de esos fragmentos procedían del sector Paredones (muestras 1,4,5,6 y 7), seis de la proveedora (muestras 21,27,30,31,34 y 39) y 4 fragmentos del sector Tanques (muestras 46,54,58 y 61). Esto señala claramente que, este tipo de fenómeno tafonómico sucede tanto en costa como tierra adentro.



Foto 24. Se observa la formación de carbonatos que causan el craquelado en la pintura. Muestra 1, sitio (SON:E:13:6), bolsa 36041

2) La ubicación del punto para la lectura por medio de la FRX, implicó la revisión mediante el microscopio óptico (OM-LP) de toda la sección decorada de cada uno de los 61 fragmentos (Foto 25). El examen con (LP) permite distinguir elementos ajenos a la estructura del pigmento, como intrusiones calcáreas y otro tipo de adherencias. Asimismo, ofrece la posibilidad de seleccionar los excesos de material colorante, aplicados al momento de la decoración. Estos fueron los puntos que se seleccionaron para aplicar la fluorescencia, por contar con mayor cantidad de material colorante.

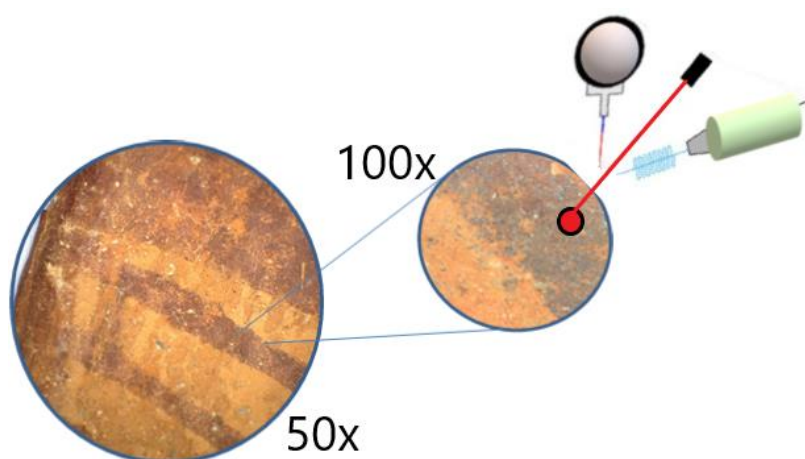


Foto 25. Selección de regiones de análisis para medición de FRX, obtenida mediante microscopio óptico. Muestra 3, sitio (SON:E:13:6), bolsa 36041

3) La revisión (OM) permitió ir distinguiendo aquellos fragmentos cuyo recubrimiento pictórico, estaba compuesto por mayor cantidad de minerales opacos. La individualización de estos fragmentos permitió ir observando con

mayor atención los resultados de las otras técnicas, sobre los mismos fragmentos. Evidenciando que, en efecto, es indispensable contar con análisis superficiales previos a la caracterización elemental, que ayuden a seleccionar con mayor grado de certeza, aquellas muestras que son diagnósticas e indican algún tipo de tendencia en el conjunto de la muestra seleccionada.

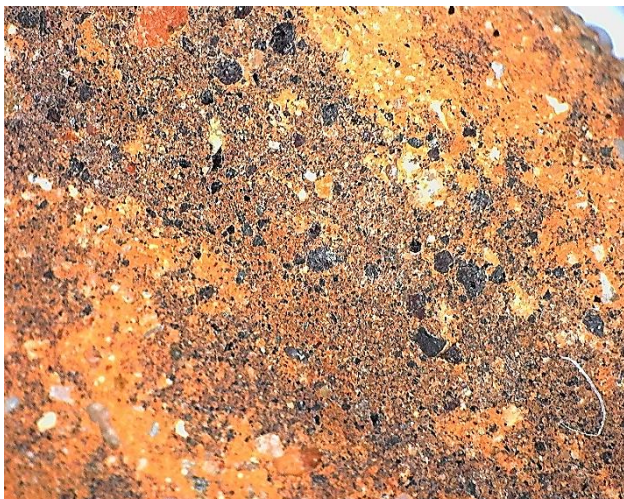


Foto 27. Muestra 12. Sitio (SON:E:13:9), bolsa (56560). GC "b" 100X



Foto 26. Muestra 36. (Calera-Pashes), bolsa (73). GC "b" 50X



Foto 28. Muestra 45. Sitio (SON:E:9:3), bolsa (34129).GC "a" 50x

Las fotos 26 a 28 muestran uno de esos casos, en donde se aprecian fragmentos correspondientes a dos grupos composicionales químicamente diferentes, aquí denominados "a" y "b". Estos fragmentos desde un inicio mostraron que la presencia o ausencia de ciertos minerales, indican que existe diversidad tanto en la selección, como en la preparación de los materiales colorantes que componen los pigmentos.

(4) La incidencia de la luz polariza sobre ciertos minerales produce un efecto visual que permite caracterizar su textura, forma y estructura (Foto 29). En el caso de la muestra analizada, se documentó el efecto que produce la luz polarizada en la hematita de tipo especular.

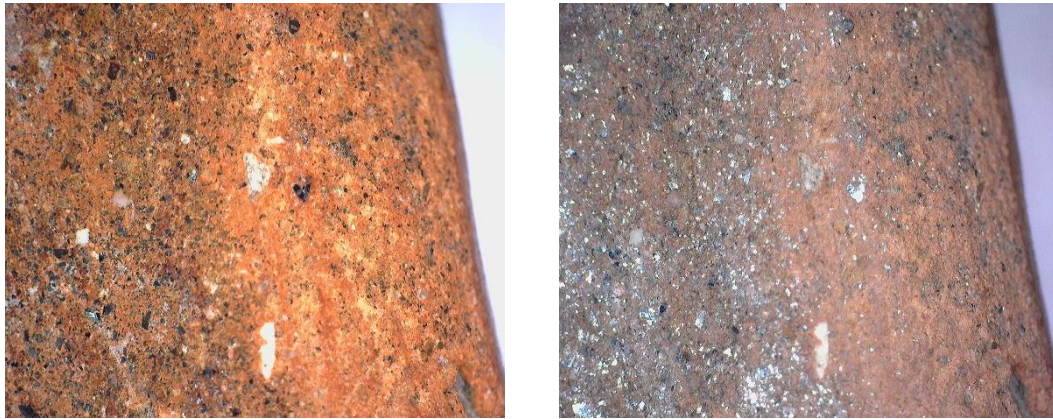


Foto 29. Visualización de pigmento "Especular". Muestra 4. Sitio (SON:E:13:1), bolsa (35964). La imagen de la izquierda muestra el recubrimiento expuesto a la luz polarizada, y a la derecha, sin ella a 50X aumentos.

Este mineral también conocido como "especularita" se produce por una alteración transitoria entre la magnetita y la pirita. Es de origen hidrotermal y cuenta con un peculiar brillo metálico, plateado, compuesto por partículas diminutas a manera de espejos compuestos en su mayoría de hierro (Fe) que, dependiendo de su procedencia, puede contener proporciones variables de aluminio (Al), titanio (Ti) y manganeso (Mn) los cuales justamente son las causantes de generar su color opaco (llamado "púrpura") y de reflejar la luz ("especular"), que adquiere la mayor de las veces una coloración blanca o grisácea generando un efecto óptico que conocemos como "brillo".



Foto 30. Muestra 17, sitio (SON:E:13:11), bolsa (56571) y Muestra 48, sitio (SON:E:9:3), bolsa (56733) con huella de pigmento que presenta direccionamiento de arrastre constante. Se distinguen "valles" y "crestas" generadas por una herramienta a manera de pincel o tejido impregnado de material colorante. Obtenida mediante microscopio óptico a 50X.

(5) Desgastes, huellas de cocción, patrones abrasión y deterioro, así como fracturas y erosiones se identificaron por medio de esta primera revisión superficial. Eficaz en la descripción de técnicas de manufactura y estilos iconográficos. Es de notar su utilidad para identificar trazos de pincel, grosores y la direccionalidad e intensidad del arrastre al momento de la ejecución de los diseños decorativos (Foto 30).

La utilización de pinceles queda evidente en varias de las muestras analizadas. Se observan aún las crestas dejadas por la distribución desigual del color en algunos de los fragmentos descritos. Llama la atención que dichas herramientas lograban generar trazos finos de 1mm a 1.5 cm y más de grosor.



Foto 33. Muestra 11, sitio (SON:E:13:1), bolsa (36047) y Muestra 58, sitio (SON:E:9:3), bolsa (34094), donde se observan las distintas dimensiones del pincel utilizado en la ejecución del trazo decorativo.

Debido al tamaño de los fragmentos, la mayoría de las veces se torna complicado hacer inferencias estilísticas a partir del análisis de la variabilidad en el grosor de los trazos pictóricos y el diseño al que pertenecieron (Foto 31). Sin embargo, el análisis superficial permitió advertir la existencia de por lo menos dos tipos de trazo: 1) *Continuo Lineal*: consiste en un trazo lineal que no se detiene hasta completar el diseño. Generalmente son líneas paralelas 2) Es recurrente en diseños *triangulares* compuestos por *líneas paralelas* entre *cruzadas* a manera de una *red de pescar* (Foto 32) (revisar -Villalobos en preparación-, para observar interpretación de diseños).

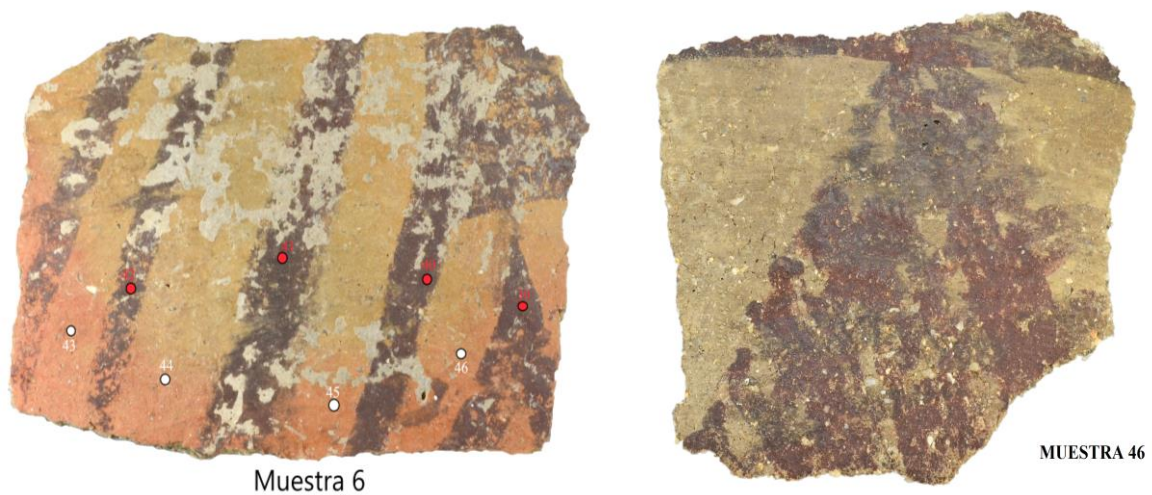


Foto 34. Trazos lineales y entrecruzados. Muestra 6, sitio (SON:E:13:6), bolsa (36041) y a manera de red de pescar. Muestra 46, sitio (SON:E:9:17), bolsa (36019).

3) *Punteado*: se trata por lo general de trazos lineales, pero interrumpidos por segmentos cortos, que van formando líneas punteadas (Foto 33). Cuando este tipo de fragmentos se conservan en secciones más grandes, se logra apreciar que el trazo punteado, se encuentra al interior de líneas continuas zigzagueantes. Esto genera una apariencia texturizada a manera de escamas, pues intencionalmente se observa exceso de pintura en dichas secciones punteadas.



Foto 37. Diseño lineal puntado discontinuo. Muestra 47, sitio (SON:E:9:17), bolsa (36021).

Es claro que existen numerosos diseños y que su producción no se estandarizó rígidamente. De ahí la existencia de una variabilidad en las dimensiones de los trazos. Aun así, es necesario advertir la existencia de convenciones generales en cuanto a la tonalidad del pigmento y al diseño de composiciones geométricas más o menos distintiva para la sociedad que las usó durante muchos siglos (fase Atil, 200-800 a.C.) Asimismo, considero importante señalar que, la comparación entre diferentes diseños puede arrojar resultados interesantes en cuanto a la relación entre su dispersión geográfica y la funcionalidad de los recipientes en donde fueron plasmados recurrentemente dichos diseños similares. Tal análisis del diseño perfectamente puede ir guiado y/o complementado por la aplicación de diversos protocolos arqueométricos.

Aún no sabemos si la recurrencia de ciertos diseños, están directamente relacionados con una forma cerámica específica. De ser así, el análisis químico sobre la composición de ese pigmento y su pasta podrá esclarecer el grado de homogeneidad al interior de un mismo diseño y forma, lo que podrá ayudar a enfocar preguntas sobre la cadena de producción. Sin embargo, un estudio de esta naturaleza deberá contar con un registro comparativo, y con un universo mucho más numeroso y representativo que el aquí realizado.

Colorimetría en pigmentos

Los resultados señalan que la gama de color es muy similar entre sí. Tanto la tonalidad (a^* y b^*) (color) y la saturación que midió el instrumento muestra que las diferencias entre estas dos variables son muy pocas. Mientras, en el caso de la luminosidad (L^*) (brillo), sí existen variaciones importantes, que justo corresponden con los fragmentos que cuentan con *hematita especular*. La figura 15 muestra las variables antes mencionadas.

Cada punto representa una muestra, el color azul representa los fragmentos del sector Tanques, los puntos negros son de Provedora, mientras que los rojos provienen de Paredones (Figura 15). Cada punto se ubica según los valores del promedio de las tres lecturas realizadas sobre el pigmento en cada uno de los 61 fragmentos (Ver Anexo Colorimetría).

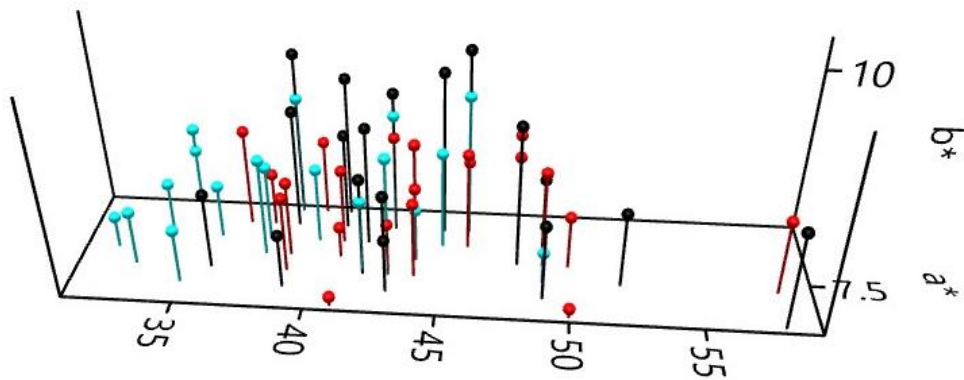


Figura 15. Distribución de las 61 muestras en el sistema CIELab* de medición del color.

Se observa en la (Figura 16) que en el eje horizontal (L^*) de color negro, existe variación en el brillo que va de 35-55, en el eje vertical (b^*) va de 4-10, mientras que en el caso de la variable (a^*) la diferencia solo va de 5 -11. Esto quiere decir que la mayoría de las muestras se agrupa en un mismo rango de color, pese a proceder de sectores geográficamente distantes.

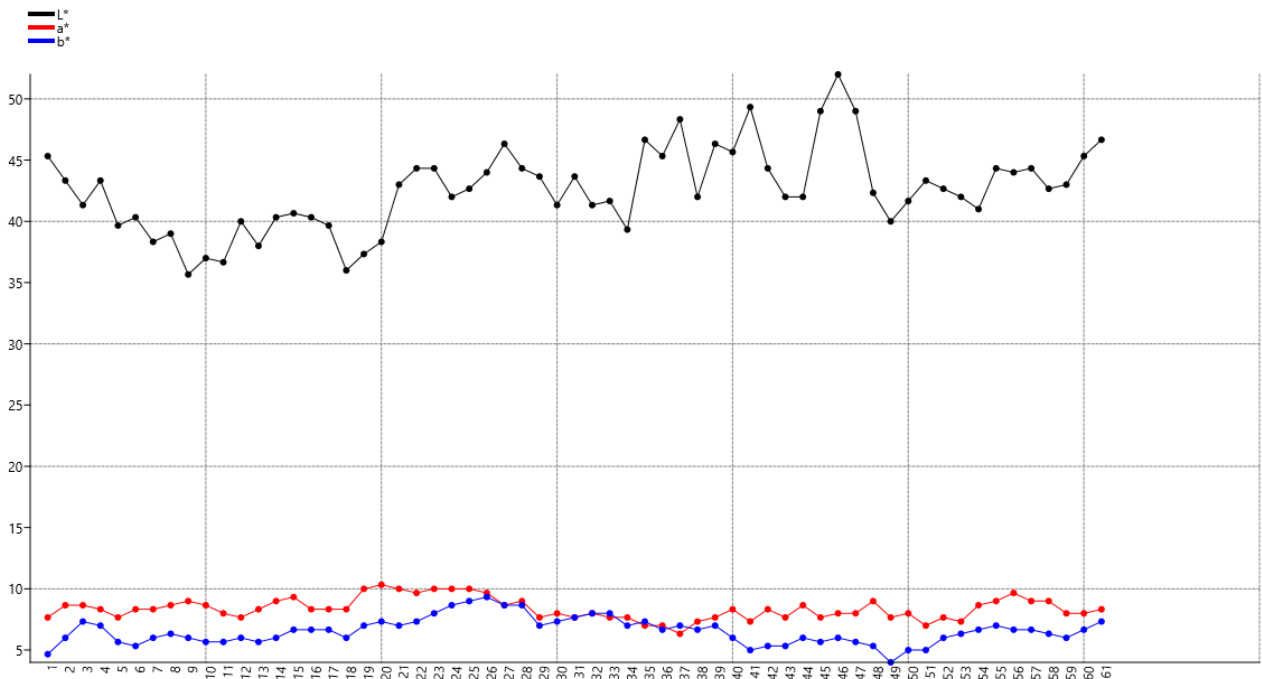


Figura 14. Valores colorimétricos por muestra.

Como veremos más adelante, los “huellas químicas” identificadas en la colección analizada, poseen diferencias en las intensidades de ciertos elementos químicos como el aluminio (Al) y el titanio (Ti). Pese a esta característica, al

momento de la preparación pigmentaria, los alfareros buscaron generar una relativa homogeneidad visual en las cualidades cromáticas del mismo. Esto es muy interesante porque nos da una idea de los parámetros culturales que eran aceptados como válidos para ser utilizados como pigmentos. Y, sobre todo, el conocimiento alfarero asociado al manejo de temperaturas durante la cocción y cuidado durante la preparación del pigmento. Pues se buscaba lograr un mismo estándar de color, pese a que se utilizaran fuentes de material colorante distintas.

Resultados Fase III: Análisis elemental por Fluorescencia de rayos X (FRX)

Los Pigmentos y sus resultados composicionales.

Un *test* necesario para justificar la diferencia entre los grupos composicionales (GC) identificados en cada superficie estudiada. Se hace por medio de diagramas de dispersión, los cual nos ayuda a identificar tendencias de los elementos químicos con menor variación cualitativa, observadas por sector de recolección. Esto es un paso necesario para determinar los componentes principales. En la siguiente figura se presenta una matriz de dispersión con los cuatro elementos químicos mayoritarios (PC) identificados en los pigmentos de la cerámica Trincheras, los cuales son: aluminio (Al), calcio (Ca), manganeso (Mn) y titanio (Ti).

En cada celda se encuentra un conjunto de datos que representan los 61 fragmentos analizados (Figura 16). Cada color y forma simboliza las muestras provenientes de los tres sectores incluidos en el estudio. La letra (A)= Sector *Paredones*, círculo en azul oscuro, B) = Sector *Provedora*, triángulo en rosa y (C)= Sector *Tanques*, cruz en azul claro. Las casillas en diagonal muestran de manera lineal el comportamiento de cada elemento por sitio. En la esquina superior derecha se observa que la relación entre aluminio (Al) y titanio (Ti), ha generado una clara diferenciación entre las huellas químicas, en donde las muestras con mayor cohesión entre sí, son mayoritariamente las del sector (C=Tanques), dato que concuerda con lo observado a partir de los datos colorimétricos.

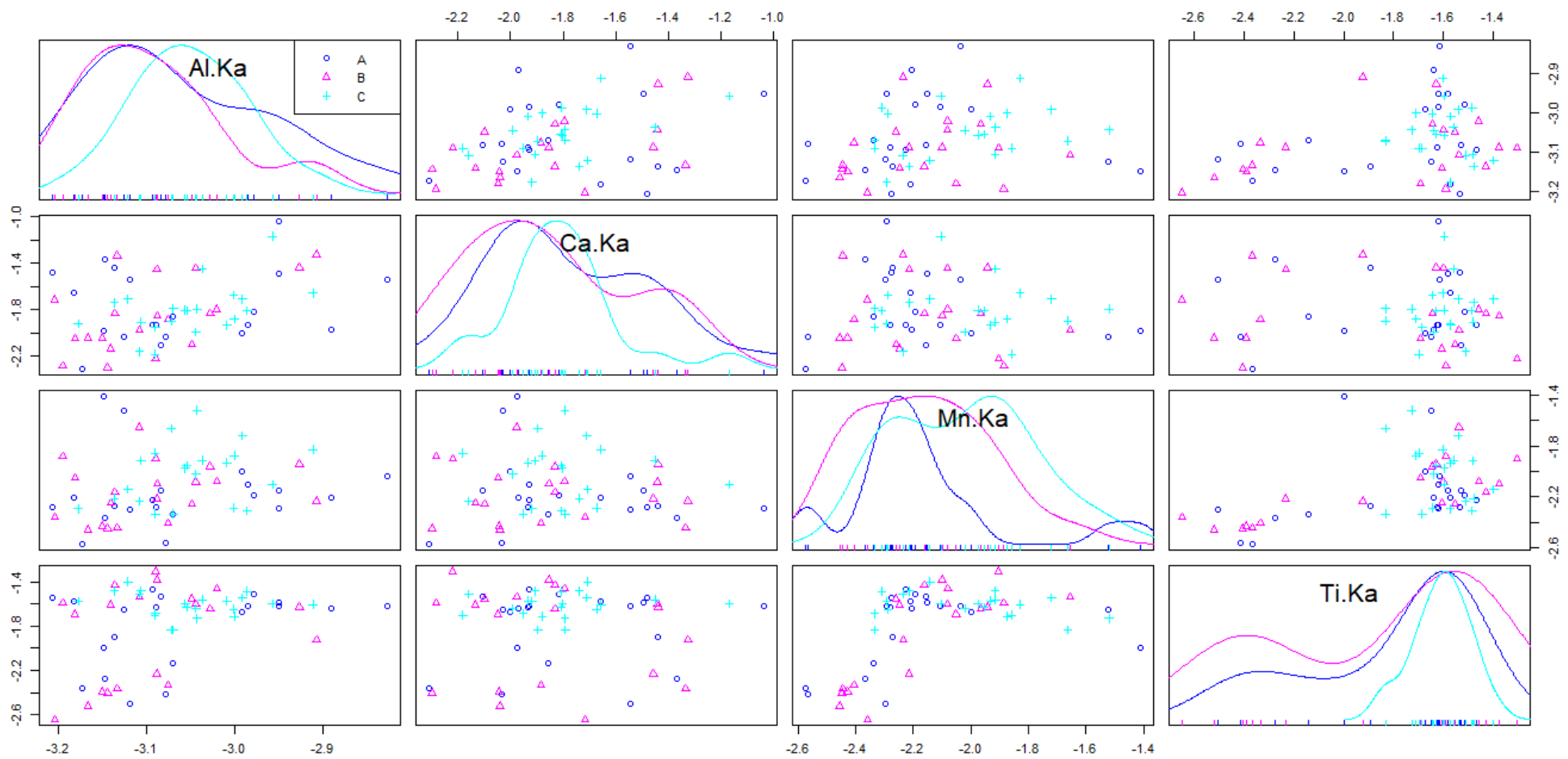


Figura 16. Matriz de dispersión para pigmentos de (PC) por sector

En el siguiente diagrama de dispersión (Figura 17), las elipses representan el 90% de confiabilidad estadística basándose en la distancia de un punto en medio de cada grupo con mayor homogeneidad, punto que se conoce como “*centroide*”. El círculo azul muestra la elipse de confiabilidad y aunque deja por fuera algunos puntos que representan fragmentos específicos, es posible afirmar que se trata de un primer **grupo composicional** (en adelante GC) discriminante, el cual agrupa fragmentos provenientes de los tres sectores analizados (Paredones, Proveedora y Tanques). Este grupo composicional mayoritario se denominó “**a**”. Este se compone por 15 muestras del sector (A=Paredones), 13 muestras de (B=Proveedora) y 20 de las 21 muestras de (C=Tanques) así como se muestra en la (Figura 19).

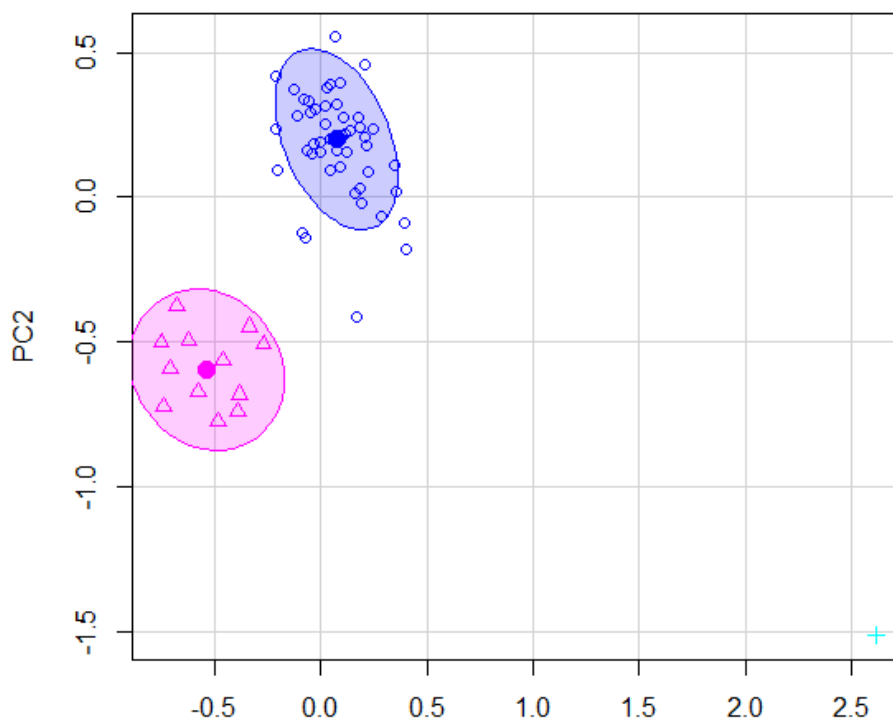


Figura 17. Diagrama de dispersión de Grupo Composicional (GC) de pigmentos con un nivel de confianza del 90%.

El círculo rosa cuenta con menor número de muestras representadas pero un mayor grado de cohesión entre sí y dista claramente del otro grupo; este segundo grupo se denomina (GC) “**b**”. Compuesto por 5 muestras de (A=Paredones) y 7 de (B=Proveedora). Mientras que en el extremo inferior derecho de la (Figura 18) se indica una (1) sola muestra con un símbolo en azul claro el cual representa al (Fragmento 61), que corresponde al (GC) “**c**” minoritario.

Este fragmento cuenta con valores muy diferentes al resto de la muestra. Generalmente el comportamiento aislado de una muestra se denomina como “*Outlier*” y, es considerado como un error en el muestreo. En este caso, no lo es.

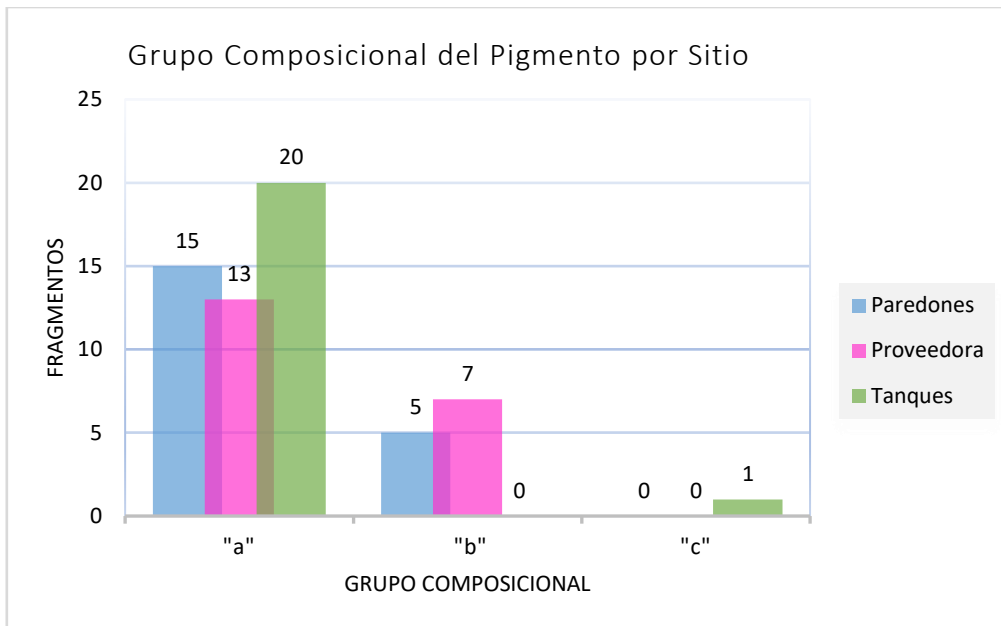


Figura 18. Número de muestras por grupo composicional y sitio, basadas en el pigmento

En la literatura sobre análisis composicionales por FRX, estos datos considerados como valores atípicos u “*outliers*” pueden tomarse o no en cuenta,

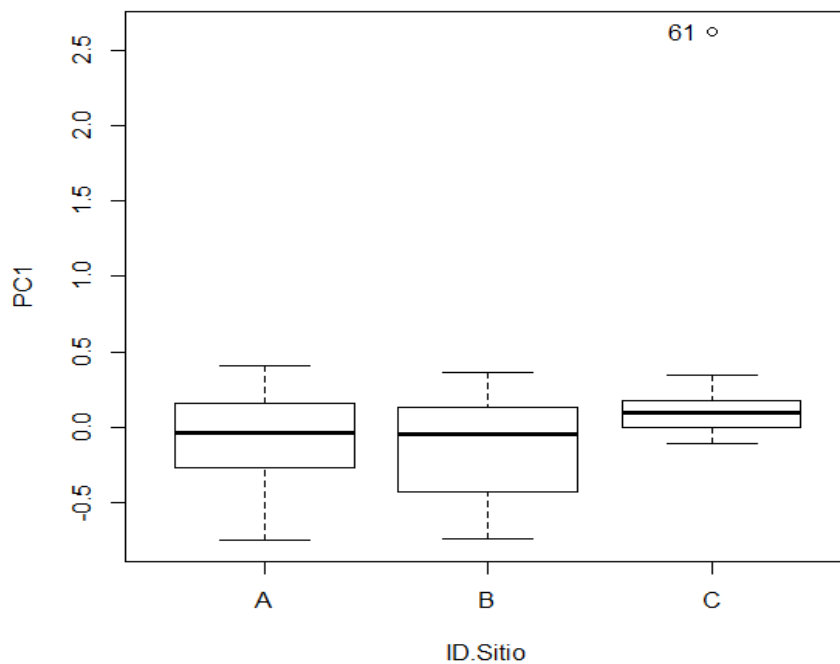


Figura 19. Diagrama “boxplot” de la muestra 61. GC “c”, del sitio (SON:E:9:3), bolsa (56715).

puesto que sus valores pueden ser producto de fallas al momento de la lectura. Se realizó un diagrama “*boxplot*” que muestra la dispersión de los valores dentro de un conjunto de datos, y la muestra 61, posee valores distintos (Figura 19).

En este caso se decidió dejar el fragmento 61 proveniente del sitio (SON:E:9:3) del sector *Tanques* como una muestra patrón, para confrontar su caracterización por medio del microscopio electrónico de barrido (MEB / SEM-EDS). Esta decisión se tomó ya que, al observar la muestra seleccionada, advertí que contiene un atributo decorativo susceptible a ser comparado con el fragmento 25 recolectado en el sitio (Calera-Negro) del sector *Provedora*, el cual posee un diseño decorativo, estilísticamente muy similar al que presenta el fragmento 61 (Foto 34).

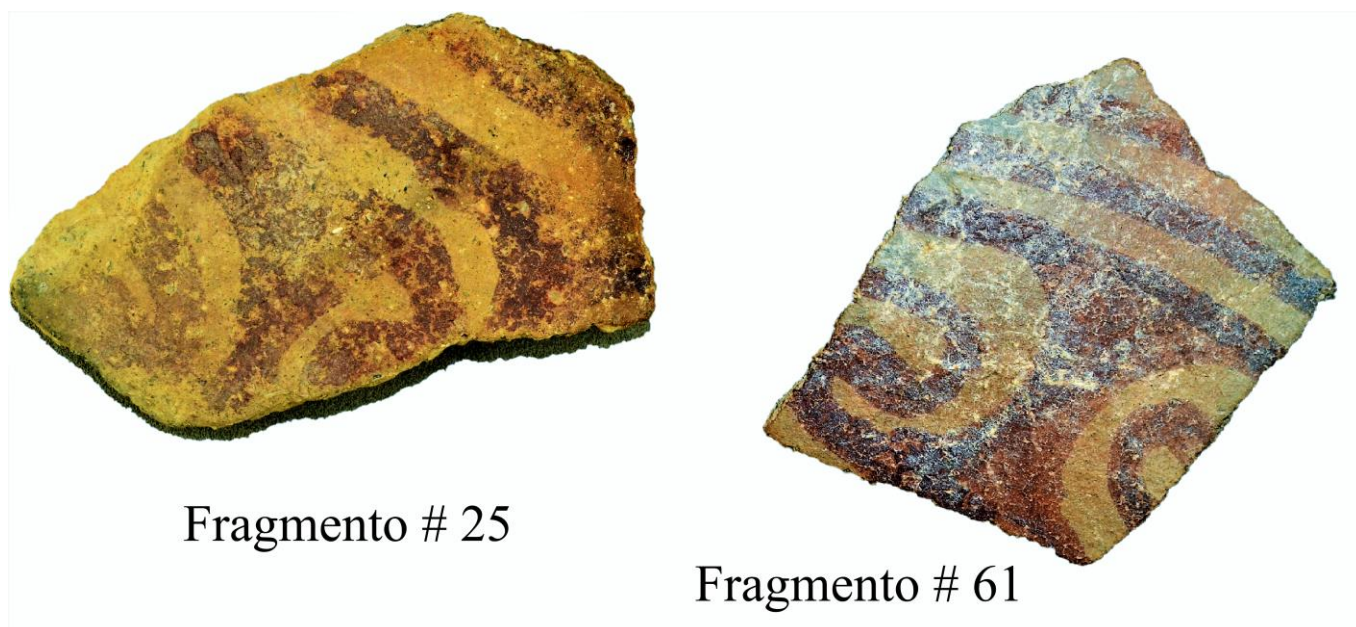


Foto 39. Comparativo entre el diseño de los fragmentos 25 (*Provedora*) y 61 (*Tanques*).

Aunque se trata de una solo muestra, los resultados parecen indicar el fragmento 61, posee una huella química diferente al resto de los fragmentos. Al no encajar en el grueso del muestreo, podría considerarse preliminarmente como un fragmento foráneo que ameritaría ser individualizado contextualmente, a fin de rastrear su procedencia con otros fragmentos iconográficamente similares.

Abajo, en la figura 20 se observan los valores de titanio (Ti) versus los valores de aluminio (Al) por cada uno de los grupos composicionales identificados (“a”, “b” y “c”). Se identifica una clara diferencia entre los datos del

grupo “a”, cuyos valores de titanio (Ti) son superiores a los otros dos grupos (“b”- “c”).

Esto evidencia es significativa y diagnostica para proponer las diferencias en los valores de titanio (Ti), puede considerarse como el elemento químico que marca la distinción entre los GC que forman los pigmentos de tipo trincheras púrpura sobre rojo. Por lo menos, en los sitios aquí analizados.

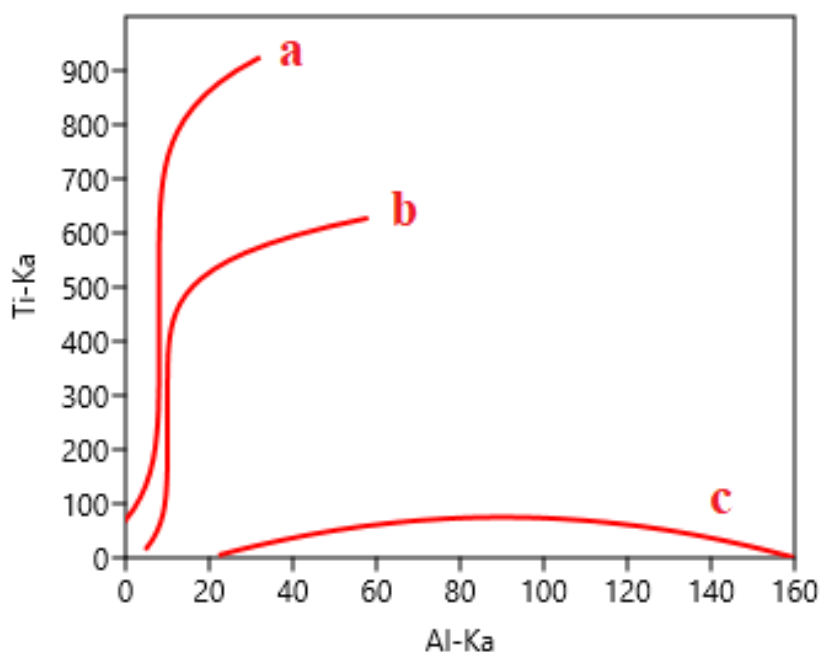


Figura 21. Diferencia entre los valores de Ti y Al, por cada GC..

Esta marcada diferencia posiblemente se deba a que las fuentes de materiales utilizadas para la obtención del pigmento son muy diferentes entre sí. Albero (2011) señala que el titanio (Ti), es un claro marcador geológico diferencial entre materias primas. Este resultado posiblemente nos está sugiriendo aspectos técnicos en la fabricación del pigmento debido a que algunas proporciones de la receta pictórica se mantienen estables por la utilización de una sola fuente, aunque en este caso se podría decir que existen por lo menos dos huellas químicas de pigmentos bien diferentes entre sí (Albero 2011).

Para obtener mayor grado de certeza sobre la tendencia que empiezan a arrojar los datos obtenido del pigmento, es necesario validar la información por medio de diferentes tratamientos estadísticos como el *Clusplot* y *Siluetas* que nos ayudan a descartar errores de cálculo y a graficar mejor el comportamiento de estos (Figura 21). Dichos procedimientos han sido probados y sugeridos por diferentes autores (Baxter 1994, Neff 2002, Drennan 2009) para el estudio de la cerámica arqueológica.

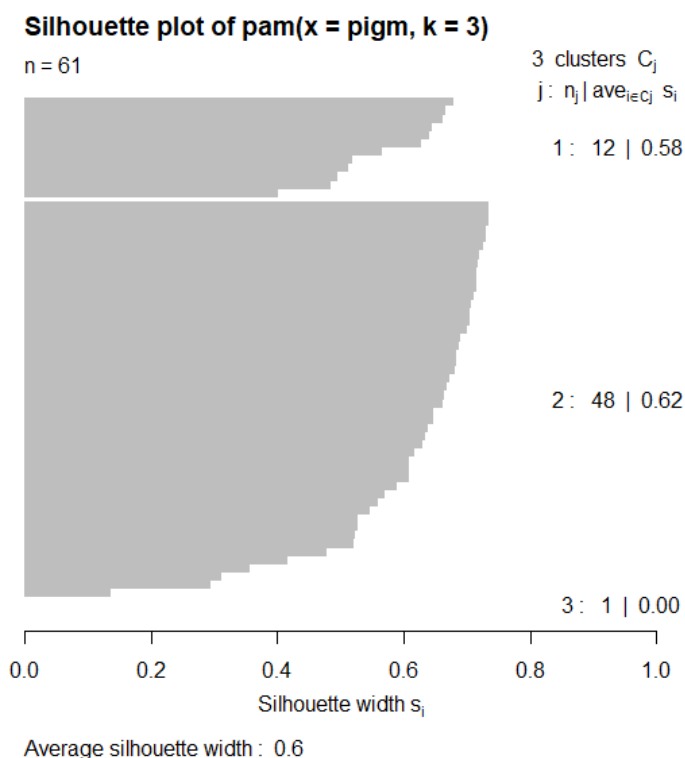


Figura 22. Diagrama de Siluetas-Pigmentos. Indica el numero de muestras por GC. "b"=12 fragmentos, "a"=48 fragmentos y "c"=1 fragmento

A continuación, se explican los test implementados en este análisis, sus resultados gráficos junto con la interpretación de los mismos.

En el diagrama de siluetas (Figura 21) se observa claramente la separación porcentual de conjuntos que tiene una mayor homogeneidad, esto se logra a partir de las distancias promedio entre los valores de los dos componentes principales; la gráfica muestra doce (12) muestras en un GC denominado "b", cuarenta y ocho (48) en otro denominado "a" y una (1) muestra con valores completamente diferentes denominado "c".

Mientras que la gráfica de *Clusplot* permite visualizar estos mismos tres (3) grupos que representan muestras con una huella química más homogénea entre sí, las nubes indican la distancia basándose en los valores de los componentes principales que engloban un 85% de la variabilidad (Figura 22). Esto permite a confirmar estadísticamente lo observado en la anterior gráfica por *K-means* (Figura 18).

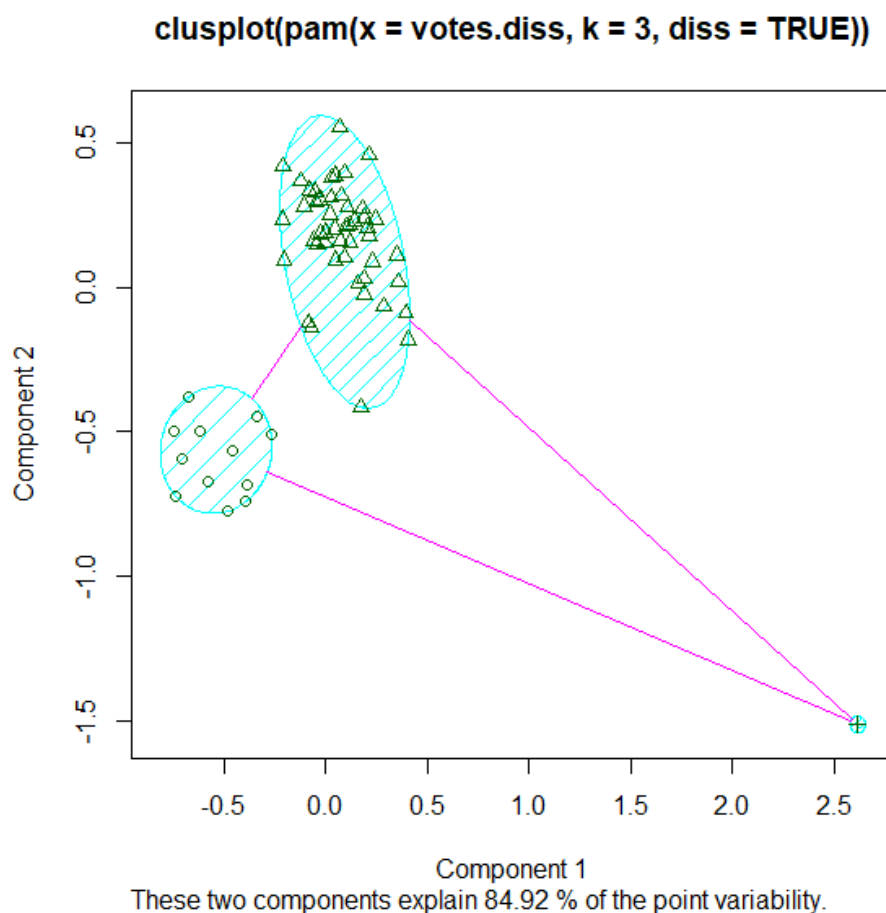


Figura 23. Gráfica mostrando la separación entre los tres grupos composicionales determinados para pigmentos. Los tres GC explican el 84.96% de la varianza total de la muestra

Grupos composicionales (GC) diagnósticos en el pigmento

En el siguiente diagrama (XY), se analiza la dispersión entre los dos componentes principales (PC) (Figura 23). Muestra cuadros con los tres grupos de (PC) identificados como (“a”, “b”, “c”) y la dispersión de las muestras por sector en colores diferentes. Para automatizar las funciones en el programa estadístico,

los sectores se denominaron de sur a norte con letras mayúsculas. A = Paredones, B = Provedora y C= Tanques.

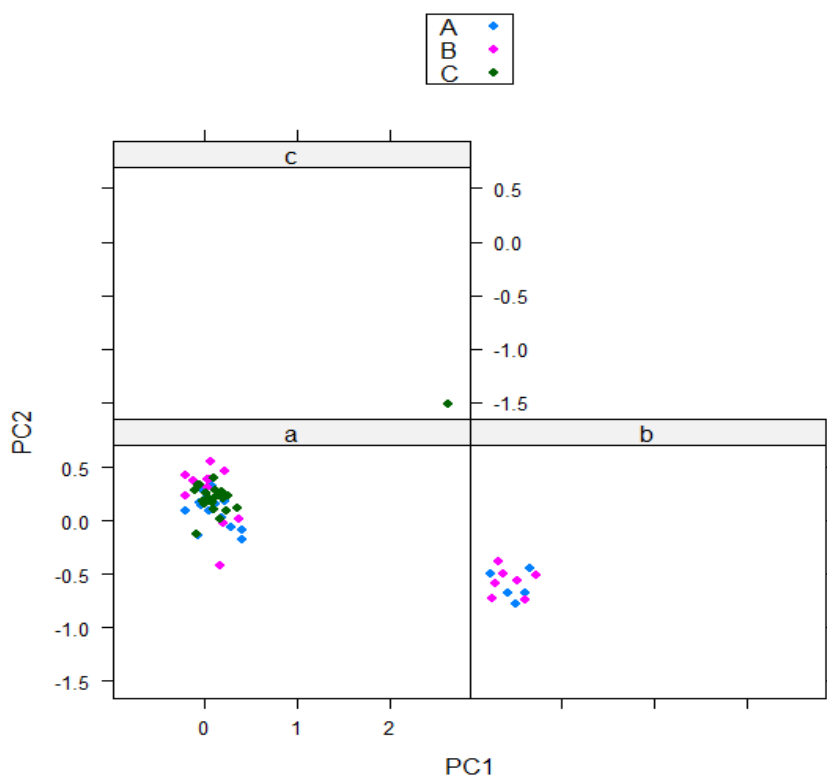


Figura 24. Diagrama (XY). Grupos Composicionales de pigmento por sector

Es interesante observar las tendencias por sector en la gráfica anterior (Figura 24). El comportamiento de los sectores en cada uno de los tres (GC), muestra claramente que el grupo “a” es el más heterogéneo, compuesto por muestras procedentes de todos los sectores. Al mismo tiempo señala una mayor cohesión entre las muestras provenientes del sector C = Tanques en color verde. Mientras que el grupo “b” cuenta únicamente con muestras del sector A y B. Paredones y Provedora, azul y rosa respectivamente.

Ahora veamos un diagrama de dispersión por densidades de grupo composicional, el cual nos ayuda visualizar mejor dicha tendencia, distinguiendo claramente las dos agrupaciones.

En el siguiente diagrama (Figura 24), las zonas donde el color es más intenso representan las áreas de mayor densidad de muestras.

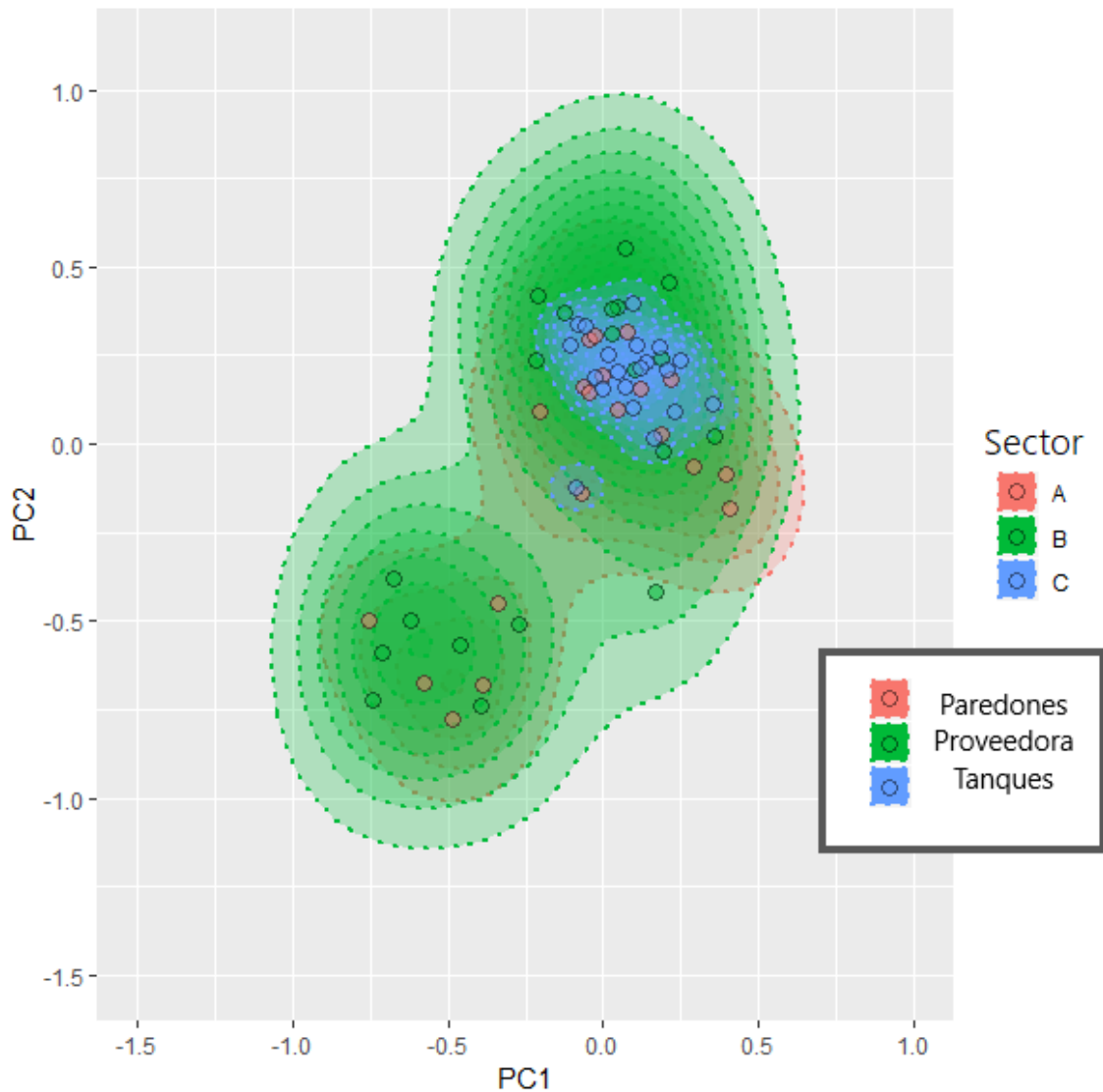


Figura 25. Diagrama de densidad representando los dos primeros componentes principales del pigmento. Por sector.

Siguiendo el comportamiento observado en estos dos grupos composicionales (GC) mayoritarios se podría inferir que; (1) Se trata de dos pigmentos diferentes, elaborados a partir de fuentes de materia prima con valores químicos de titanio (Ti) disimiles, cuya relación intra-sitio se denota a partir de su patrón de dispersión en los tres sectores analizados, ya que los valores arrojados por el GC “b” no se encuentra representando en el GC “a”. Sin embargo, son clasificados actualmente bajo el mismo tipo cerámico - *trincheras púrpura sobre rojo/ café*. (2) En el caso del GC “b”, compuesto por 12 muestras se podría decir que están “emparentadas” entre sí químicamente y

señalan una clara relación geográfica, dispersa únicamente entre los sitios Paredones y Provedora (A y B respectivamente en la figura 25).

Ahora veamos cual es el comportamiento cuando se realiza la misma gráfica (XY) de GC por tipo cerámico. Mayoritariamente la muestra cerámica del presente estudio se concentra en el tipo *Trincheras Púrpura sobre rojo* (TPR) $n=47$ fragmentos, seguida del *Trincheras Púrpura sobre Café* (TPC) $n=9$ fragmentos y, por último, algunas muestras el tipo *Policromo* (Poli) con $n=5$ fragmentos.

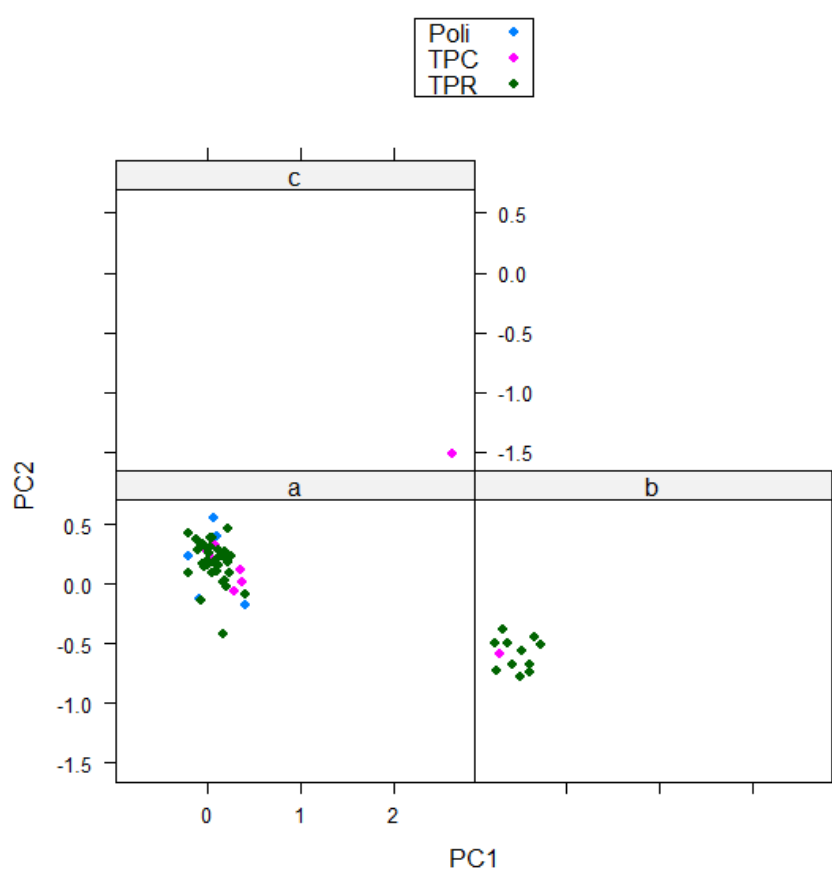


Figura 26. Gráfica (XY) de grupos composicionales GC de pigmentos por tipo cerámico

Si nos fijamos en esta división por tipos cerámicos encontramos (como era de esperarse por el tamaño de la muestra) que el tipo TPR -*simbolizados por el color verde*- abarca dos GC “a” y “b” pero se centra mayoritariamente en el grupo “a”, mientras que los tipos TPC se encuentran distribuidas en todos los tres GC (Figura 25). Accesoriamente nos arroja un comportamiento interesante con respecto al tipo Polícromo (puntos azules) el cual se ubica únicamente en GC

“a”. Esto nos indica que -por lo menos en las muestras seleccionadas para este estudio-, comparten la misma huella química de los recubrimientos pictóricos del resto de fragmentos asociados en dicho grupo composicional “a” (Figura 27).

Cabe recordar en este punto que, tal y como se mencionó en el capítulo 3, el tipo cerámico *Trincheras Polícromo* se considera diagnóstico de un momento más tardío, con respecto a los tipos cerámicos TPR y TPC. El comportamiento observado en la huella química de los 5 fragmentos policromos -aunque escasos-, es interesante porque nos abre la posibilidad de considerar en principio, dos escenarios interpretativos posibles.

El primero en el que -por lo menos para la costa central-, debido a que el pigmento posee características químicas idénticas a las reconocidas en los tipos cerámicos monocromos TPR y TPC, podríamos asumir que los tres tipos son relativamente contemporáneos entre sí y la usual adscripción tardía del tipo cerámico policromo, no sería válida en la costa central. Por lo tanto, se estaría aplicando erróneamente un modelo cronológico errado, a falta de contextos cerrados y dataciones directas sobre el material cerámico.

O bien, un segundo escenario posible es aquel en donde efectivamente, los fragmentos policromos correspondan a un momento más tardío de la ocupación *Trincheras* en la región. Y que lo que nos esté indicando esta huella química del GC “a” similar a los tipos TPR y TPC, sea; la permanencia sostenida en el tiempo de un mismo conocimiento asociado a la obtención y preparación de materiales colorantes específicos, ubicados en fuentes de materiales colorantes conocidas, usadas de generación en generación en el territorio que habitó esta sociedad.

En cualquiera de los dos casos, un análisis elemental en pigmentos que incluya otras técnicas y una mayor cantidad de muestras policromas será necesario para obtener un mayor grado de certeza sobre las similitudes y diferencias en las técnicas empleadas por esta sociedad para obtener materiales colorantes, plasmados en cerámica a lo largo del tiempo.

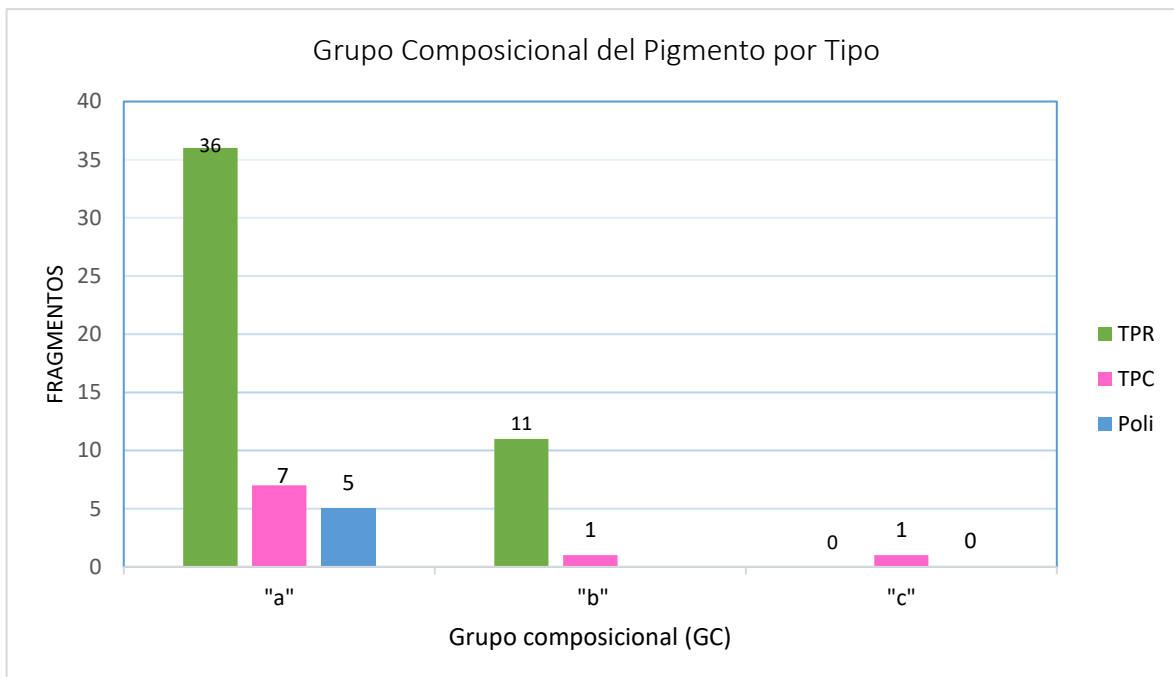


Figura 27. Grupo Composicional del Pigmento por Tipo y (GC).

A continuación, se muestra gráficamente dicho comportamiento a partir de un *diagrama de densidad* (Figura 27). Donde las muestras del tipo Polícromo están simbolizadas con color rojo, allí vemos a la derecha de la figura que todas las muestras se encuentran concentradas de manera no tan homogénea en el grupo "a".

El comportamiento elemental del pigmento del tipo policromo nos puede arrojar luces sobre las dinámicas temporales ocurridas en el sector C=Tanques, el cual cuenta con una huella química mucho más homogénea concentrada en el GC "a". A nivel general, un aspecto interesante del tipo cerámico Policromo es que se encuentra en menor proporción en sitios costeros, ya que su procedencia ha sido documentada con mayor incidencia en investigaciones llevadas a cabo tierra adentro. De ahí que el tamaño sea reducido en la muestra aquí analizada.

Para visualizar esta información teniendo control sobre el comportamiento de cada una de las muestras al interior de cada (GC), se generaron gráficas de dispersión denominadas "*Scatter Plot*" a partir del software libre PAST (*Paleontological Statistics*). A continuación, se muestran los valores de los dos componentes principales representativos en los pigmentos (Figura 28).

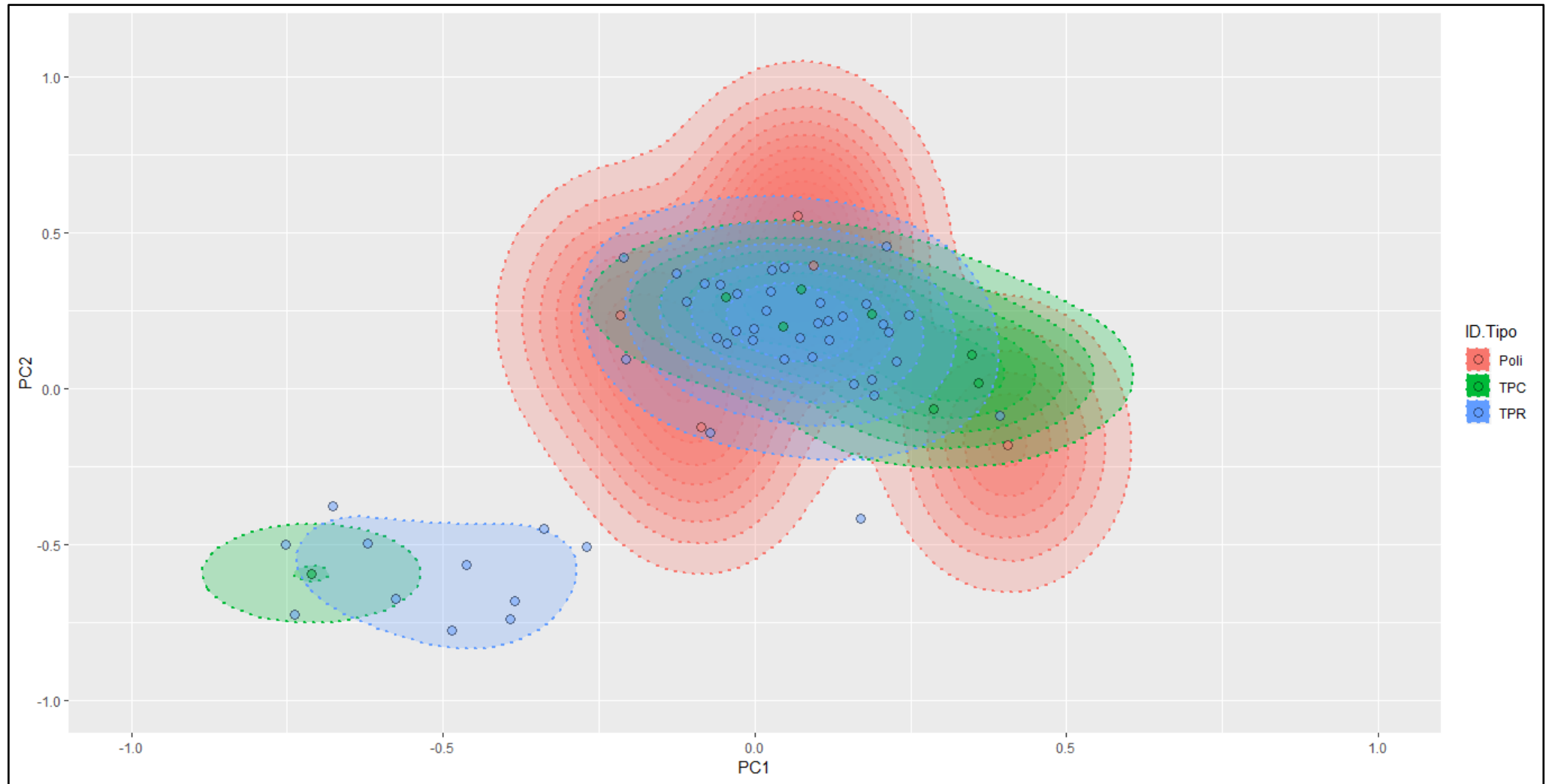


Figura 28. Diagrama de densidad, indicando coloración intensa por cohesión entre muestras del mismo tipo cerámico a partir de la oposición entre el PC1 V.S PC2

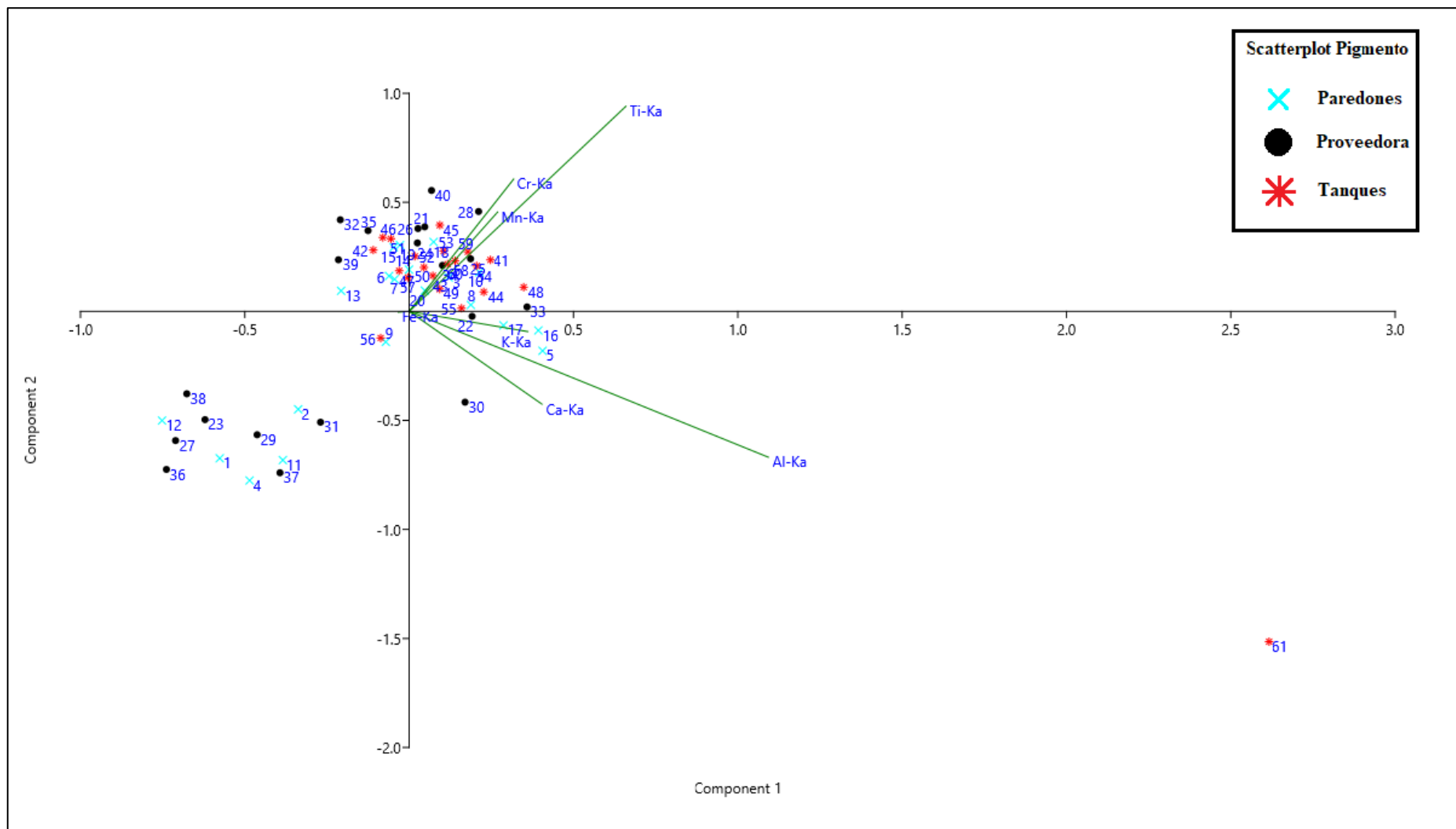


Figura 29. Diagramas de puntos (Scatter Plot) el cual representa gráficamente el cruce entre los elementos traza transformados en Log.10 (PC) del pigmento y los sectores de procedencia de cada muestra. Cada muestra está numerada y el color representa el sector de recolección

Discusión del análisis químico mediante FRX del pigmento.

Una vez graficados los datos y discriminados plenamente los grupos composicionales GC, podemos concluir que los pigmentos correspondientes al grupo composicional “b” cuentan con proporciones diferentes de aluminio (Al) y titanio (Ti). Este grupo lo integran doce (12) fragmentos que provienen únicamente de dos sectores (Proveedora y Paredones) señalados en la Tabla 4. Además de compartir una huella química idéntica, dichos fragmentos comparten propiedades estilísticas y macroscópicas que podrían considerarse como indicador de procedencia, detectados previamente en las fases I y II del análisis.

Tabla de muestras del Grupo Composicional “b” Pigmentos				
Muestra	Tipo	Sector	Sitio	Bolsa
1	TPR	Paredones	SON:E:13:6	36041
2				
4			SON:E:13:1	35964
11				36047
12			SON:E:13:9	56560
23	TPC	Proveedora	Calera-Estructuras	45
27				
29	TPR	Proveedora	Calera-Pashes	73
31				
36				
37				
38		Calera-Pozo	79	

Tabla 3. Muestras GC "b" de pigmentos, que muestran relación entre costa y tierra adentro.

Accesoriamente todos estos fragmentos se distinguen del resto de la colección por sus propiedades iridiscentes, o sea, cuentan con pigmento a base de hematita especular. Es decir, el análisis de superficie realizado en la fase II

del protocolo permitió evidenciar que los pigmentos que forman parte de una decoración son muy similares macroscópicamente y a nivel elemental, lo que hace pensar en un posible origen común, elaborados con una receta pictórica cuya proporción en componentes mineralógicos, control de temperaturas y tiempos de cocción fueron cuidadas para obtener visualmente, características similares en términos de su brillo y textura, siguiendo una receta de preparación muy similar, posiblemente compartida a través del tiempo (Figura 29).

Tradicionalmente en la tipología regional, los fragmentos con cualidades ópticas iridiscentes se les incluye dentro del tipo (Trincheras Púrpura sobre rojo) y en algunas ocasiones se les agrega una descripción cualitativa en donde se indica la presencia de "*Hematita Especular*". Sin que este criterio, se halla evaluado como un parámetro cualitativamente válido, como refinar la tipología existente.

Sin embargo, el presente estudio arqueométrico permite evidenciar que, dicha categoría descriptiva, se queda corta para explicar la naturaleza de su marcada diferencia composicional. El GC "b" no corresponde a un acabado intencional (pulido) sobre la pieza. Considero que se trata de un tipo de pigmento diferente, que tiene todo el potencial para ser rastreado y comparado regionalmente. Con el fin de esclarecer si su baja densidad, distribución geográfica y composición química, corresponde a cierta adscripción cronológica específica, o si evidencia contextualmente patrones culturales característicos de una actividad o un grupo social determinado.

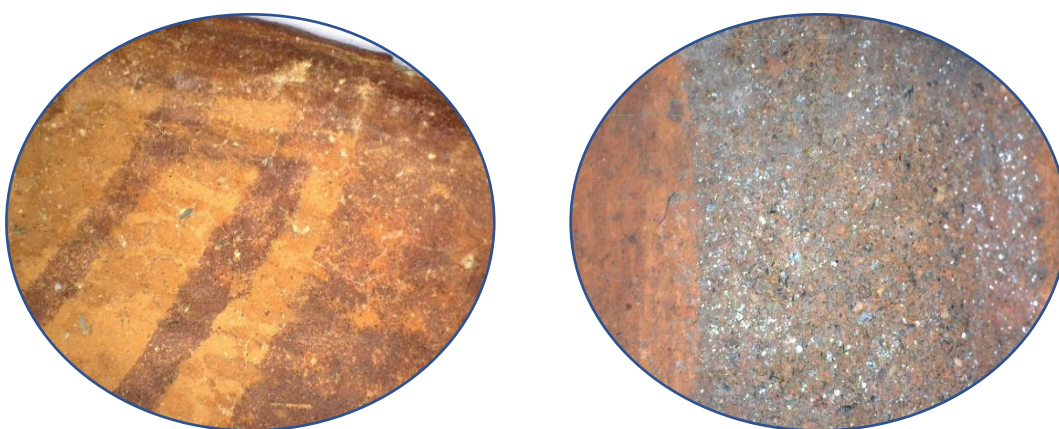


Figura 30. Cerámica Trincheras Púrpura sobre Rojo_ Grupo Composicional de pigmento "a" y "b". Pertenecientes respectivamente a las muestra 3 (SON:E:13:6) y muestra 4 (SON:E:13:1 4) ambas del sector Paredones.

Pese a que el número de muestras que hacen parte del GC "b", representan solo el 20% del total de lecturas realizadas sobre el pigmento, existe un comportamiento interesante entre la similitud química y su procedencia. Siete de los doce fragmentos de este GC "b" (Figura 30), se concentran tierra adentro en los sitios *Pashes*, *Pozo* y *Estructuras* del sector *Provedora*, áreas de recolección que forman parte de un mismo promontorio rocoso llamado "Calera" al sur este del sector (ver Figura 3).

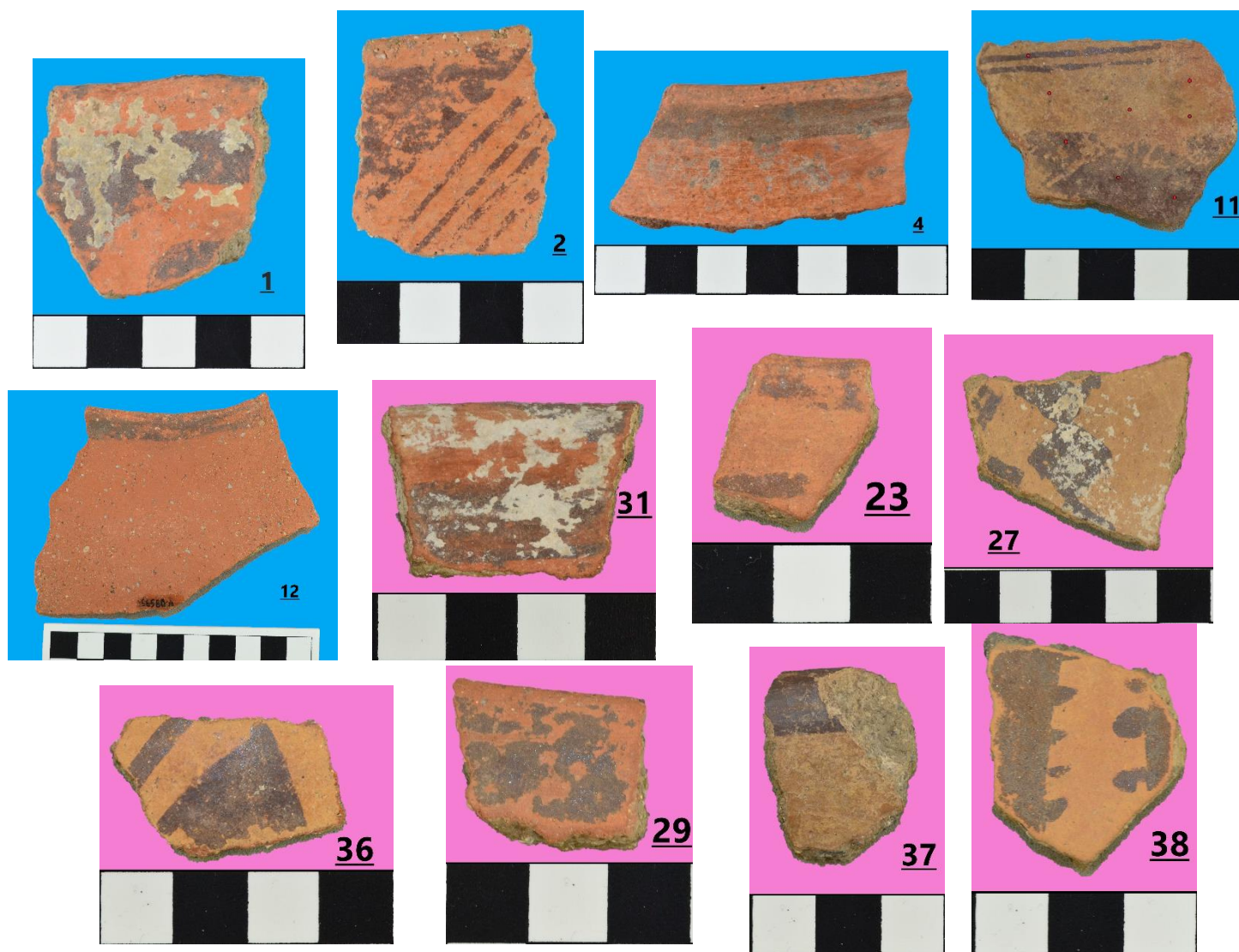


Figura 33. Muestras GC "b" de pigmentos, que muestran relación entre los sitios Paredones (azul) y Provedora (rosa)

Cabe señalar que las investigaciones realizadas en el valle de Altar (McGuire and Villalpando 1993) reportan la existencia de fragmentos con hematita especular, en mayor densidad que en la costa. Lo cual, siguiendo el principio de procedencia, el resultado porcentual entre la distribución geográfica

y el GC, se puede postular que este grupo composicional “b”, proviene de fuentes de materias primas con hematita especular asociadas a tierra adentro, aledañas a la Proveedora.

Por otra parte, la heterogeneidad de sitios representados en el grupo composicional “a”, muestra dos tendencias: 1) una alta afinidad química entre sí y 2) una distribución geográfica representativa en todos los sectores analizados. Por ejemplo, se observa que las muestras del sector Tanques (C), tiene una mayor cohesión entre sí, lo cual sugiere que la huella química pigmentaria de este grupo composicional proviene de fuentes de materia prima comunes, muy similares entre sí o lugar de extracción más populares y de mayor acceso en algún momento del tiempo (según fig. 17: Sectores Proveedora y Paredones son químicamente similares, mientras que Tanques se separa).

Es decir, químicamente son altamente homogéneos, lo que hace pensar en la existencia de una receta pictórica estandarizada y de un uso más difundido (por lo menos en cuanto a material colorante respecta) y más recurrente en el sector Tanques, que en los otros dos sectores. Esto de alguna manera ayudaría a probar, que se trataría entonces de cerámica con una elaboración más tardía, que denotaría un posible momento en la masificación de su utilización con respecto al tipo “especular” al encontrarse en mayor cantidad y dispersa por todos los sitios analizados.

Ya que los pigmentos de la cerámica del sector *Tanques*, comparten una misma cohesión química en el GC “a” y dan la impresión de estar fijos y concentrados en dicho sector costero. De cualquier forma, ofrecer una explicación a la dispersión en el uso de este colorante mayoritario en los otros dos sectores (Paredones y Proveedora), no es fácil en el estado actual de la investigación.

Advierto que sin el soporte de un análisis geológico que sitúen geográficamente las fuentes potenciales para la obtención de óxidos de hierro y otros materiales colorantes, es difícil hacer una aproximación a la procedencia exacta del color “púrpura”. Sin embargo, químicamente se podría postular que el GC “a”, caracterizado por un pigmento tenue, menos grueso y concentrado en el

trazo, evidenciaría la existencia de una receta pictórica altamente estandarizada, en cuanto al uso de una fuente de material colorante en común, al interior del sector tanques. Esta evidencia, podría corresponder hipotéticamente a una dinámica en donde:

Gente proveniente de diferentes zonas que comparten el mismo conocimiento alfarero y usan la misma receta pictórica. Se reunían allí en el sector tanques (mayoritariamente en el sitio SON:E:9:3) para desarrollar algunas actividades específicas asociadas al aprovechamiento de recursos marinos en donde, entre otras cosas, se abastecían de materiales colorantes (destinados a diversos usos) cercanas a los sitios ubicado al sector tanques. Dichos materiales colorantes tendrían las características químicas del GC "a" y serían plasmados posteriormente como pigmento durante la elaboración de decoración de cerámica en sectores como Paredones y Proveedora. Aunque también es posible pensar que las personas se movieran llevando consigo recipientes elaborados en dicho sector.

En todo caso, la evidencia es clara en señalar la existencia de variabilidad en la receta que se comparte entre los sitios. Ejemplo: la similitud composicional de los GC en los fragmentos procedentes de sectores Paredones y Proveedora sugiere eventos de contacto directo. Esta se evidencia por medio de fragmentos decorados con el pigmento "especular" presente mayoritariamente en el GC "b".

Siguiendo con lo anterior, en el mapa (Figura 31) se observa dicha tendencia, en donde la distribución de los grupos deja en claro la preponderancia del GC “a” en todos los sectores; mientras se señala una estrecha relación entre el sector Paredones y Provedora, a partir de los fragmentos del GC “b” especulares, cuyas huellas químicas son diferentes al resto de fragmentos, pero muy similares entre sí.

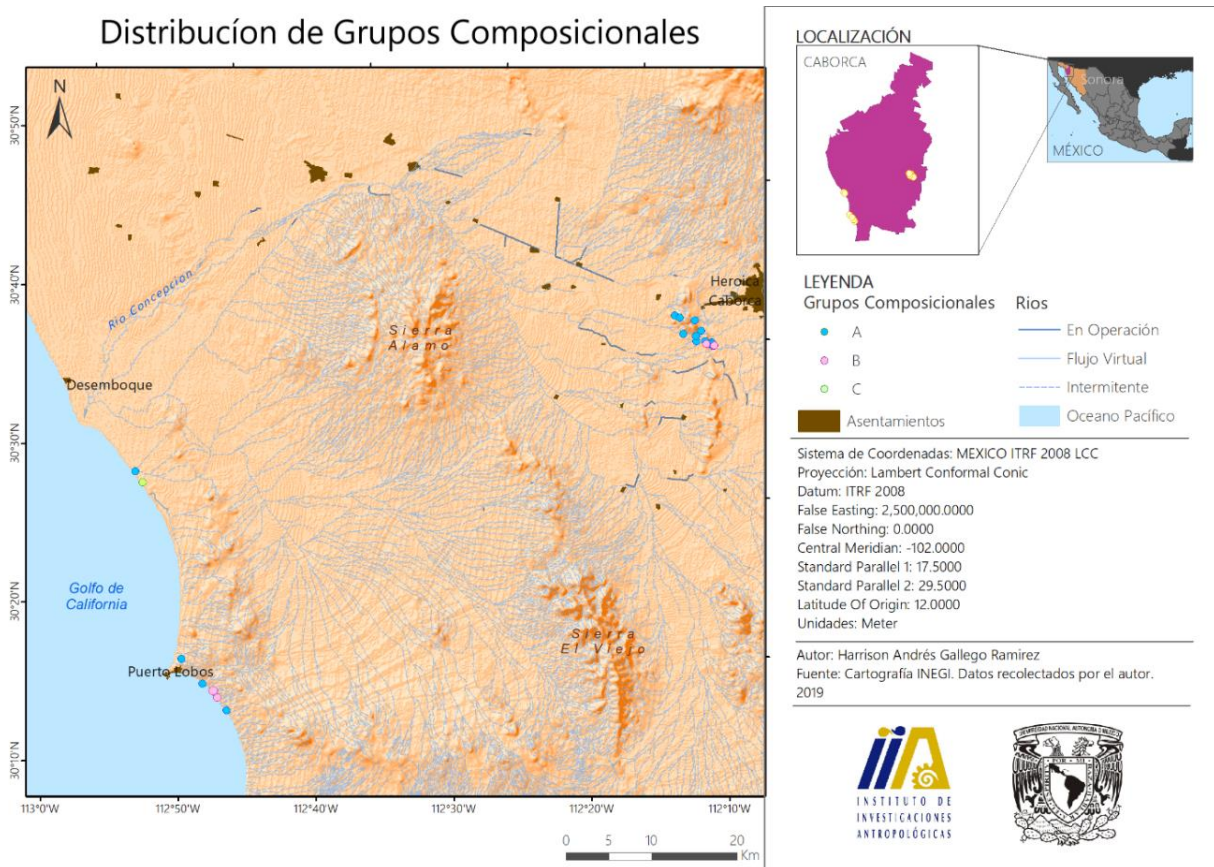


Figura 34. Mapa de distribución de Grupos Composicionales en el área de estudio.

Sobre los engobes.

A continuación, repetiremos el orden de los análisis descriptivos realizados para los pigmentos, ahora utilizando los datos adquiridos en los engobes. Se seleccionaron estos elementos debido a que tienen una desviación estándar general de cada superficie analizada, que no supera la variación del 25% entre sí, lo cual ayuda a generar los llamados Grupos Composicionales (GC).

En la siguiente gráfica se presenta una matriz de dispersión con los cuatro elementos químicos mayoritarios o también llamados *Traza*, identificados en los engobes de la cerámica Trincheras, a saber, estroncio (Sr), Zinc (Zn), titanio (Ti), potasio (K), que se encuentran discriminados por sitios, mismos que están representados por color y forma. La letra (A)= Sector Paredones, círculo en azul oscuro, B) = Sector Provedora, triángulo en rosa y (C)= Sector Tanques, cruz azul claro.

Las casillas en diagonal muestran de manera lineal el comportamiento de cada elemento por sitio (Figura 32). En este caso, la fluorescencia de rayo X revela que el estroncio (Sr) es el elemento mayoritario que genera mayor incidencia al momento de discriminar el comportamiento de este recubrimiento en la cerámica.

Por sector. se observa por ejemplo que en la segunda casilla inferior izquierda la relación entre estroncio (Sr) y zinc (Zn), son los elementos que generan una mejor distinción entre las huellas químicas, identificadas para el engobe. Aquí no se encuentra una clara concentración de tendencia hacia alguno de los sectores en especial y más bien podemos apreciar una leve partición en dos grupos.

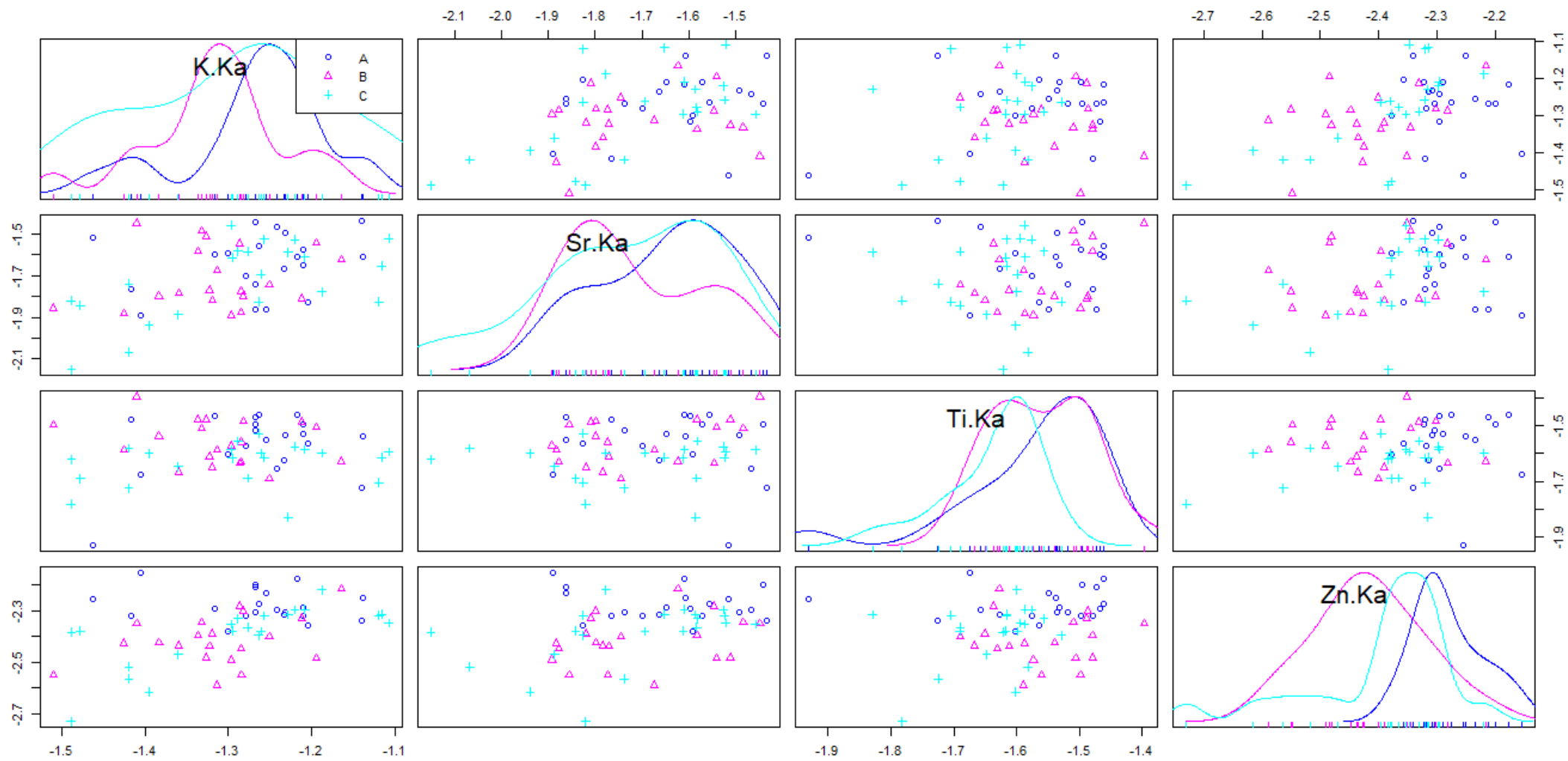


Figura 35. Matriz de dispersión para engobes de PC por sector.

En el siguiente diagrama de dispersión (Figura 33), las elipses representan el 87% de confiabilidad estadística basándose en la distancia de un punto en medio de cada grupo con mayor homogeneidad, punto que se conoce como “Kmeans”.

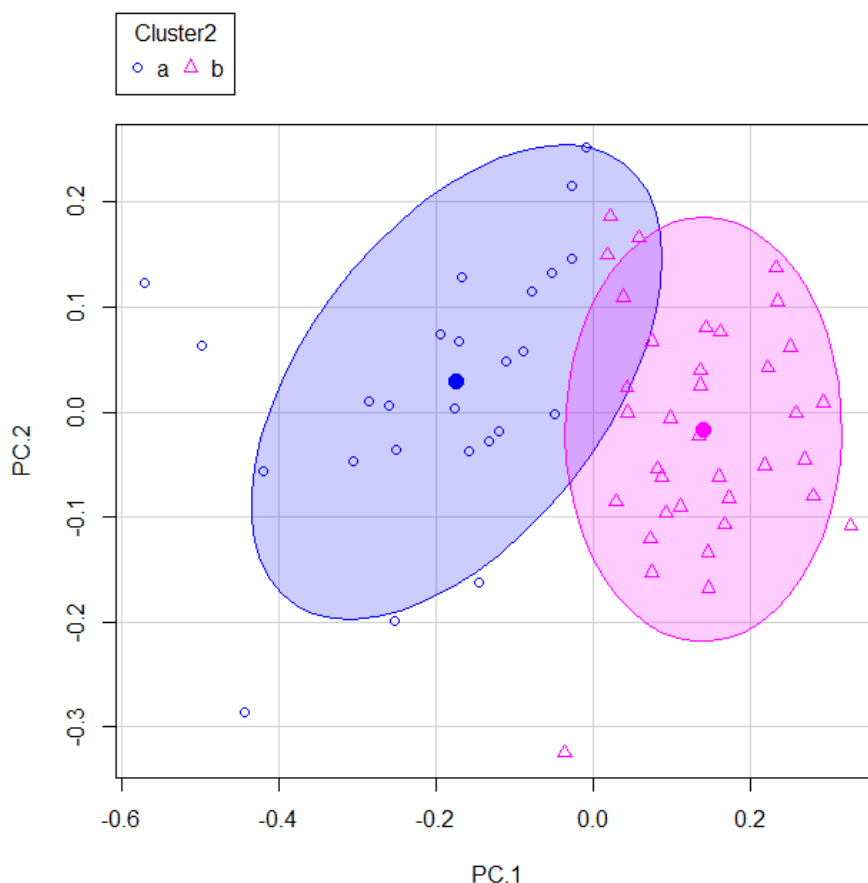


Figura 36. Círculos de confiabilidad por PC de engobes

El círculo rosa, muestra la elipse de confiabilidad y aunque deja por fuera algunos puntos que representan fragmentos específicos, es posible afirmar que se trata de un primer **grupo composicional** (GC) “b” discriminante, el cual agrupa fragmentos provenientes de los tres sectores analizados (Paredones, Proveedora y Tanques). Este grupo composicional mayoritario se denominó “b” en los engobes y se compone por 15 muestras del sector (A), 8 del (B) y 13 (C), para un total de 36 muestras.

Mientras que el círculo azul cuenta con menor número de muestras representadas y un menor grado de cohesión entre sí; este segundo grupo se denomina (GC) “a”, y de los 25 fragmentos que lo componen solo 5 muestras

son del sector A (Paredones), 8 muestras corresponden al sector C (Tanques) y las otras 12 muestras corresponden al sitio B (Provedora) (Figura 34).

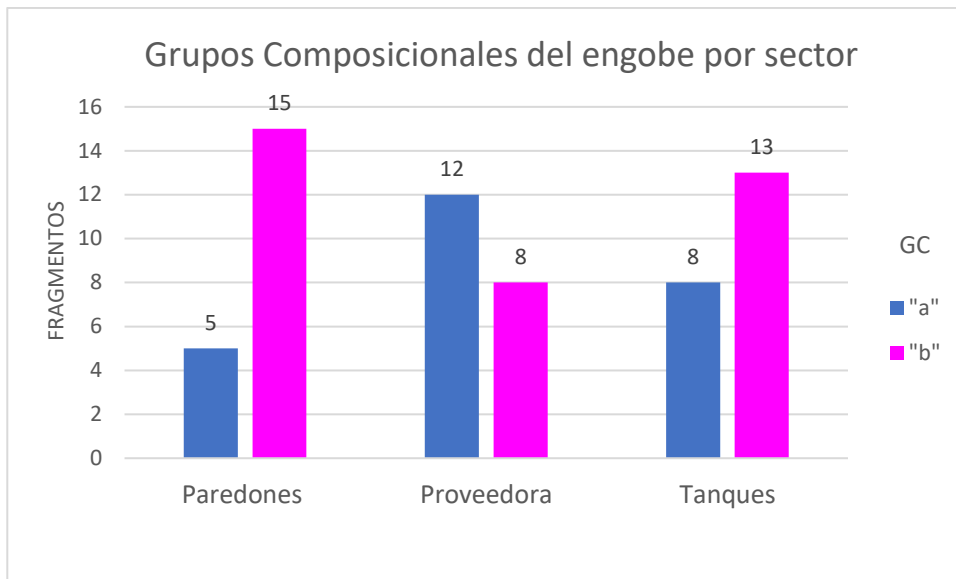


Figura 37. Distribución de las 61 muestras por sitio y grupo composicional en el engobe.

Siguiendo con el tratamiento seguido con los pigmentos, se realizó el test de *Clusplot* y *Siluetas* para cotejar el grado de variabilidad de esta primera separación estadística de grupos.

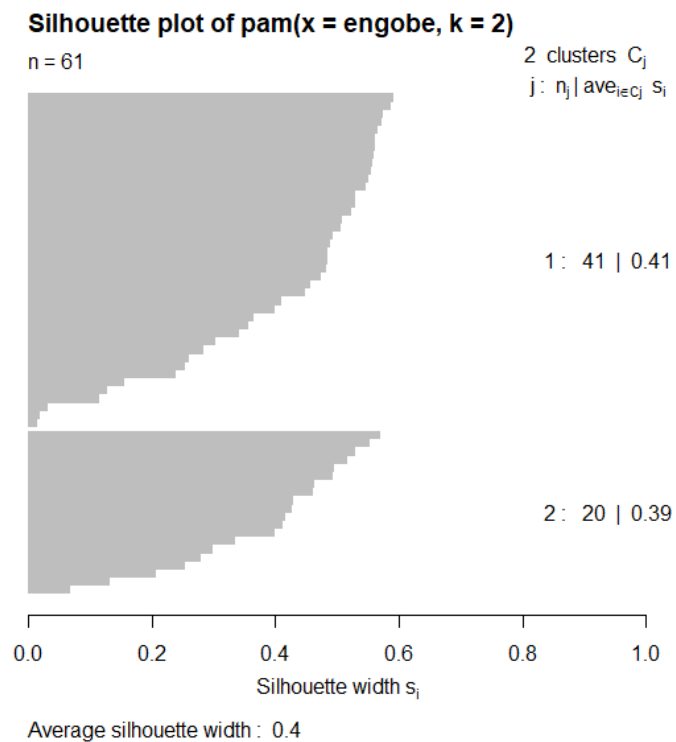


Figura 38. Diagrama de Siluetas para engobes. 1= "b" y 2= "a".

En el diagrama de siluetas de arriba (Figura 35), se observa la separación porcentual de dos conjuntos que tienen una mayor homogeneidad, que como se mencionó antes, se logra a partir de la medición las distancias promedio entre los valores de los dos componentes principales; la gráfica muestra que cuarenta y una (41) muestras están un grupo y veinte (20) con valores completamente diferentes entre sí.

Mientras que la gráfica de *Clusplot* (Figura 36) permite visualizar estos mismos dos (2) grupos que representan muestras con una huella química más homogénea entre sí, las nubes indican la distancia basándose en los valores de los componentes principales que engloban un 86% de la variabilidad.

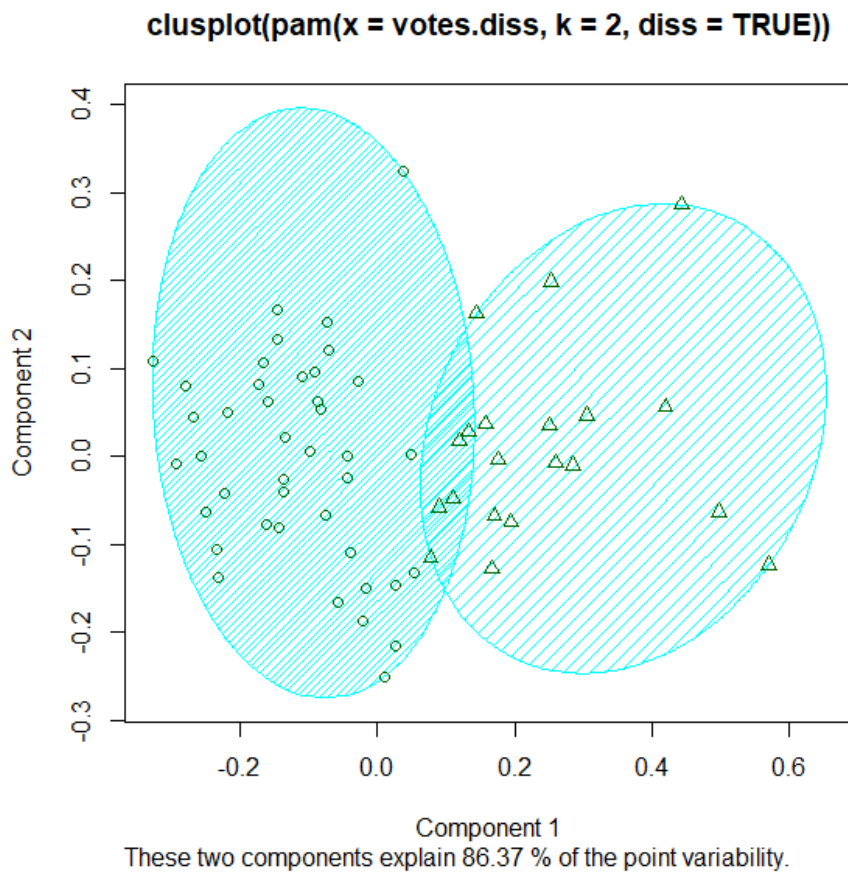


Figura 39. Gráfica mostrando la separación entre los dos grupos composicionales determinados para engobe. Los dos componentes explican el 86.37% de la varianza

Grupos composicionales diagnósticos en el engobe

El siguiente diagrama (XY) enfrenta la dispersión entre los dos componentes principales (PC) mostrando cuadros con los dos grupos identificados denominados como (“a” y “b”) y la dispersión de las muestras por sector en colores diferentes. A fin de automatizar las funciones en el programa estadístico, los sectores se denominaron de sur a norte con letras mayúsculas. A = Paredones, B = Provedora y C= Tanques.

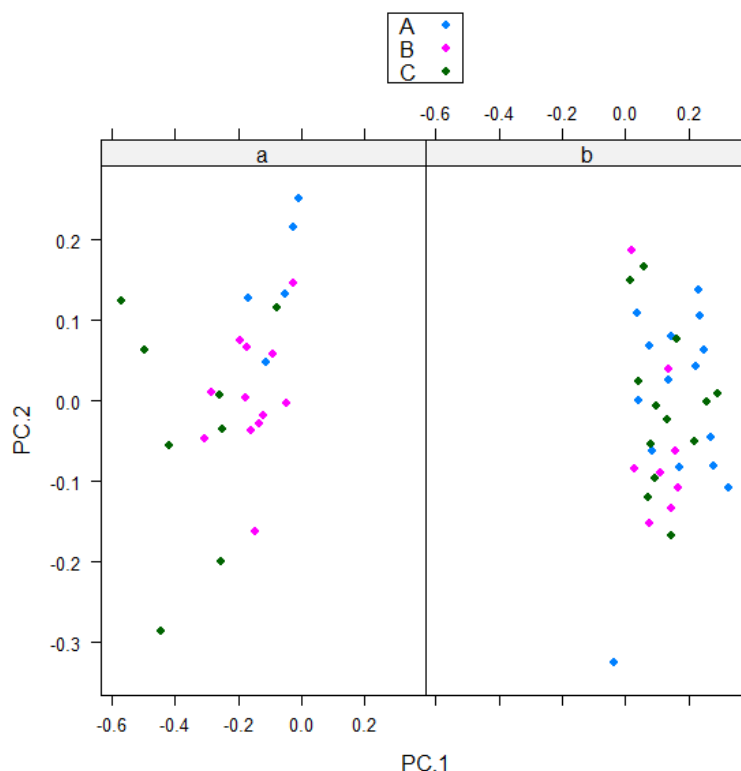


Figura 40. Diagrama (XY) _ Grupos Composicionales engobe por sector

En el caso de los engobes, se puede notar las tendencias por sector en la (Figura 37). El comportamiento de los sectores en cada uno de los dos (GC), muestra claramente que el grupo “a” predomina el sector de B=Provedora, pero se encuentran más dispersos entre sí; mientras que el grupo “b” es un poco más heterogéneo, compuesto por muestras procedentes de todos los sectores y señalan una mayor cohesión entre aquellos fragmentos provenientes del sector A=Paredones y C= Tanques cuyas muestras son mayoritarias.

Aunque la separación de engobes no muestra una clara distinción como en el caso de los pigmentos, es interesante la manera en que se agrupan

mayoritariamente en el (GC) “b” las muestras ubicadas geográficamente en los sectores costeros.

Aunado a esto, con respecto al (GC) minoritario “a” de engobes, se cotejaron las muestras con respecto al (GC) minoritario “b” de los pigmentos y se encontró una interesante relación. En donde las 12 muestras que componen ese grupo en los pigmentos (*hematita especular*), seis (6) también se encuentran en el grupo “a” de engobes.

Muestras cuyo (GC) coinciden en engobes “a” y pigmentos “b”						
Muestra	Tipo	Sector	GC Pigmento	GC Engobe	Sitio	Bolsa
4	TPR	Paredones	“b”	“a”	SON: E: 13: 1	35964
11	TPR	Paredones	“b”	“a”		36047
23	TPR	Proveedora	“b”	“a”	Calera-Estructuras	45
31	TPR	Proveedora	“b”	“a”	Calera-Pashes	73
36	TPR	Proveedora	“b”	“a”		
37	TPR	Proveedora	“b”	“a”		

Tabla 4 Muestras que coinciden entre engobes y pigmentos.

Esto reafirma los indicios de que el grupo composicional de los pigmentos “b”(Tabla 5), supone características elementales sustancialmente diferentes al resto de la colección, pudiéndose tratar entonces de fragmentos procedentes de una región ajena al área de estudio, o bien, elaborados con una fuente de materia prima no tan recurrente en la región o cuya utilización cesó en algún momento en el tiempo o cuya utilización se efectuó en menor escala, quizá en un momento temprano de la aparición de la cerámica decorada en la región.

Sin embargo, a la interpretación de estos análisis sobre el engobe se suman algunas limitantes:1) el engobe al tratarse de un recubrimiento muy fino y delgado los límites de detección de la técnica pueden incluir elementos presentes al interior de la pasta y del pigmento, 2) el engobe es una solución compuesta mayoritariamente por agua con porcentajes de potasio (K) y aluminio (Al), corre el riesgo de sufrir deterioro más rápido y progresivo, incluso, durante la utilización activa del recipiente en donde el engobe puede presentar un mayor

desgaste. Estos factores podrían incidir negativamente en el resultado final de las lecturas por FRX.

Como ya se mencionó anteriormente el universo de muestras se compone mayoritariamente por cerámica del tipo Trincheras Púrpura sobre rojo (TPR) $n=47$ fragmentos, seguida del Trincheras Púrpura sobre Café (TPC) $n=9$ fragmentos y, por último, algunas muestras el tipo Policromo (Poli) con $n=5$ fragmentos. Pasemos a explicar, cual es el comportamiento observado de los engobes al realizar la misma gráfica (XY) de (GC) por tipo cerámico (Figura 38)

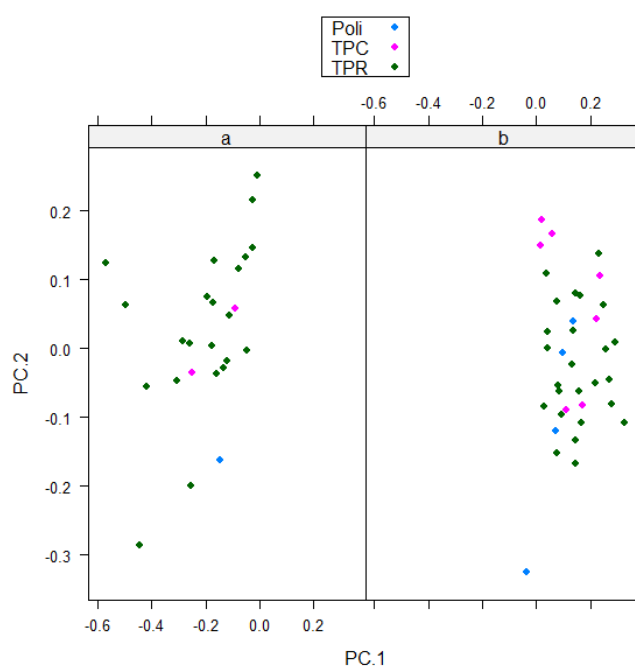


Figura 41. Distribución de los diferentes tipos cerámicos discriminados por grupo composicional de engobes

Fijándonos en el grupo “a” de engobes, se observa que solo existe un (1) fragmento policromo el cual corresponde a la muestra 39 procedente de La Proveedora (Figura 39). Dos (2) TPC, la muestra 27 y la 50 procedentes del sector Proveedora y Tanques respectivamente. Mientras hay fragmentos del TPR, que presentan una cercanía química muy similar, que comparten de la

misma manera, elementos idénticos en la ejecución del trazo decorativo (muestras 43-57 y 54, todos del sector Tanques).

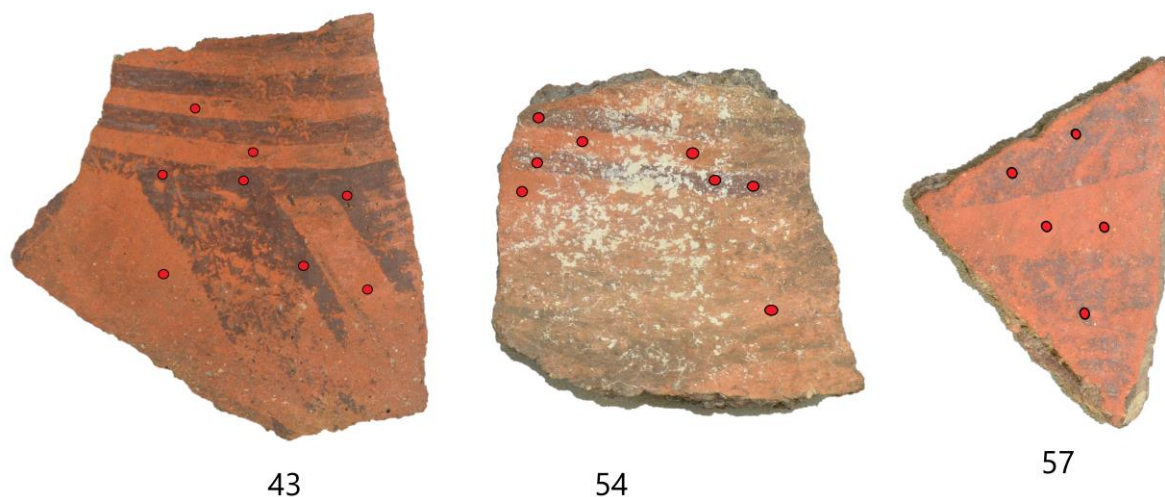


Figura 42. Engobes representativos del grupo "a". Todos del sector Tanques: Muestras 43 (SON:E:9:3), 57 (SON:E:9:20) y 54 (SON:E:9:3)

También existen relaciones directas entre fragmentos que se encuentran alejados entre sí geográficamente. En cuanto a su composición elemental, podemos confirmar que por ejemplo los fragmentos 27 (Provedora) y 11 (Paredones) tienen un engobe rojo idéntico en su composición química. Igual sucede con los fragmentos policromos como la muestras 39 (Provedora) y la muestra 5 (Paredones) las cuales son muy similares sus engobes rojos y blancos (Figura 40).

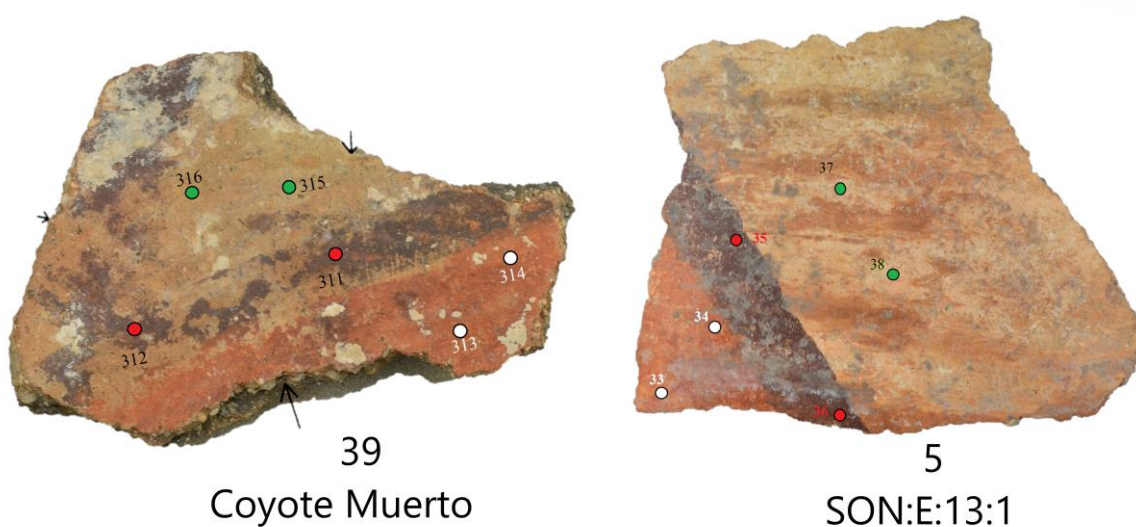


Figura 43. Fragmentos con engobes idénticos. Muestras 39 bolsa (4) y Muestra 5 bolsa (35964).

Lo interesante es que este tipo cerámico Policromo, al tratarse una técnica decorativa que incluye engobe blanco y fondos a manera de engobe a partir de óxido de hierro, se asocia a periodos de ocupación más tardíos que los representados en los otros dos tipos monocromos, por demás, este policromo se encuentra en menor proporción en la costa.

Otra observación da cuenta de que las muestras 25 (Provedora) y 61 (Tanques) son muy similares en el engobe. Como se mencionó en la descripción de los grupos pigmentarios, estos dos fragmentos fueron seleccionados por la similitud de su diseño decorativo. En este caso, el análisis de engobes revela una estrecha semejanza con respecto a los valores de minerales de titanio (Ti).

Los engobes, aunque menos claro su cohesión grupal entre grupos composicionales sirvió para identificar muestras con comportamiento anómalos en cuanto a su distribución, que permitió reafirmar lo visto en los pigmentos (Figura 41). Por ejemplo, es evidente la tendencia de similitud entre las huellas químicas de los sectores Paredones y Provedora, tanto en la cerámica Trinchera púrpura sobre rojo (TPR), como en los pocos fragmentos del tipo Policromo que se analizaron. Sobra decir que en los fragmentos del tipo Trinchera púrpura sobre café (TPC), no se obtuvieron datos concluyentes, ya que, en este tipo cerámica, el sufijo “café” hace alusión a que el recubrimiento pictórico es puesto directamente sobre la pasta sin tratamiento.

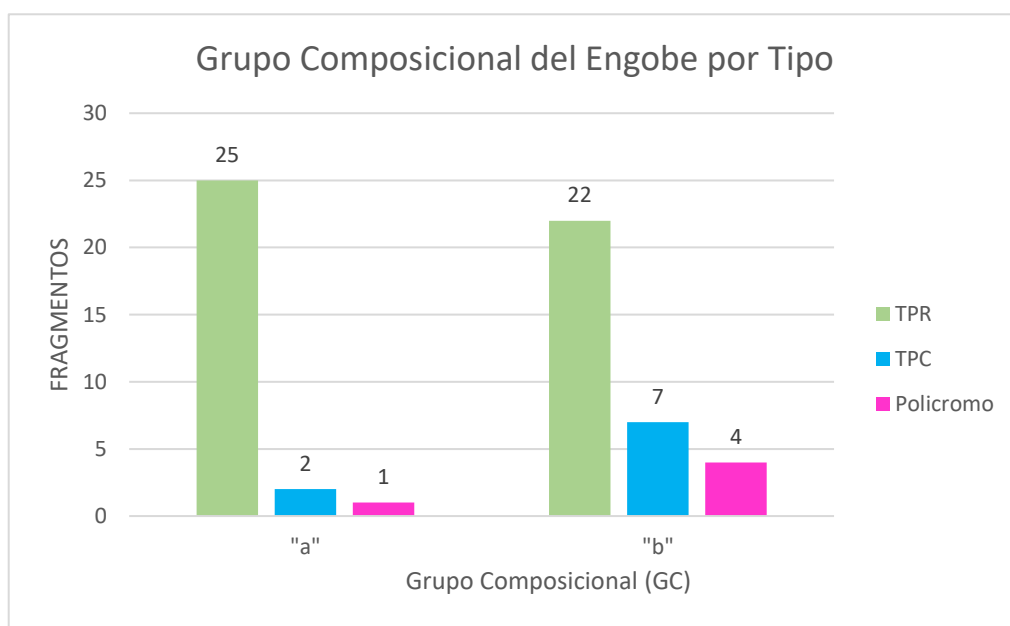


Figura 46. Grupo Composicional del Engobe por Tipo

Para visualizar esta información teniendo control sobre el comportamiento de cada muestra de manera individual al interior de cada (GC), se generaron gráficas de dispersión “*Scatter Plot*” (Figura 42). A continuación, se muestran los valores de los dos componentes principales representativos en los engobes. El componente principal 1 (PC), en donde se encuentra el estroncio (Sr) incluye las muestras que se observan de manera horizontal por debajo del eje X, mientras que el otro grupo composicional está marcado por la huella que genera el componente 2 (PC), el cual se trata del zinc (Zn). Este grupo se puede ubicar de manera vertical en la gráfica y concentra las muestras que están a la izquierda del eje Y.

Si comparamos pigmento y engobes, podemos decir que existe una tendencia de separación en dos grupos composicionales, uno más heterogéneo que el otro al incluir muestras de todos los sitios. Este grupo heterogéneo en términos de representatividad de muestras al interior del grupo composicional, también se concentran en muestras procedentes del sector *Tanques*, y ahora incluye en los engobes, muestras del sector *Paredones*. Mientras que el otro grupo “a” concentra muestras provenientes de tierra adentro, en el sector *Proveedora*.

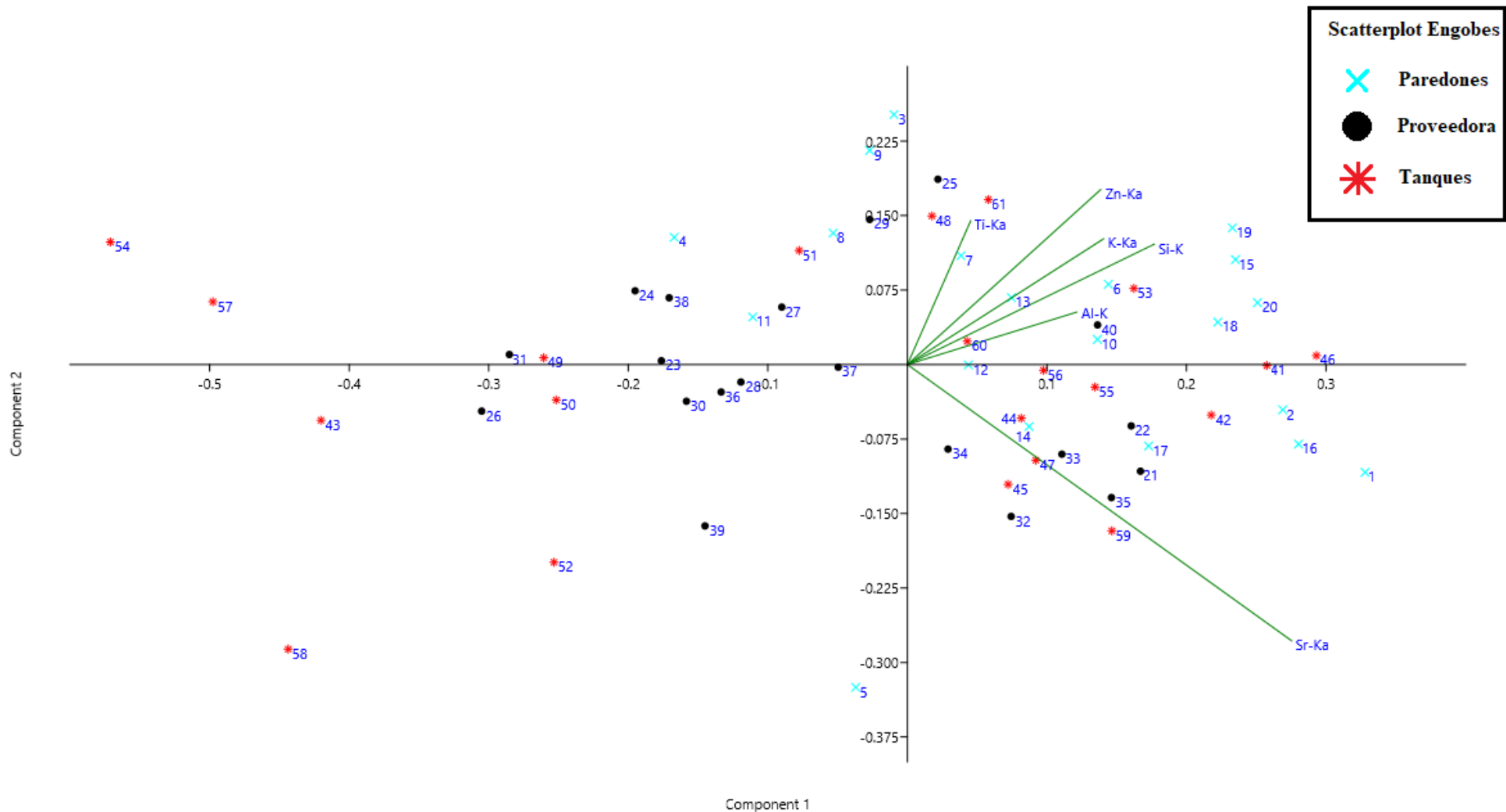


Figura 47. Diagramas de puntos (Scatter Plot) el cual representa gráficamente el cruce entre los elementos traza transformados en Log₁₉ (PC) del engobe. Cada muestra esta numerada y el color representa el sector arqueológico de procedencia

Las pastas cerámicas

La gráfica (Figura 43) presenta una matriz de dispersión con los cuatro elementos químicos mayoritarios identificados en las lecturas de FRX tomada del costado de cada fragmento. Es decir, en las pastas de la muestra de estudio, a saber, se seleccionó el estroncio (Sr), silicio (Si), titanio (Ti) y hierro (Fe), que se encuentran discriminados por sitios, mismos que están representados por color y forma. La letra (A)= Sector Paredones, círculo en azul oscuro, B) = Sector Proveedora, triángulo en rosa y (C)= Sector Tanques, cruz azul claro. Se seleccionaron estos elementos debido a que tienen una desviación estándar general de cada superficie analizada, que no supera la variación del 25% entre sí, lo cual ayuda a generar los llamados Grupos Composicionales (GC).

Las casillas en diagonal muestran de manera lineal, representado en colores el comportamiento de cada elemento por sitio y elemento. En la lectura tomadas de las pastas, la fluorescencia de rayo X muestra que el estroncio (Sr) es el elemento mayoritario que genera mayor incidencia al momento de entender el comportamiento de los materiales mezclados en la elaboración del recipiente cerámico. Por ejemplo, en cada sector estudiado. Se observa que la casilla que mejor representa la distinción de huellas químicas por grupos identificados en la pasta es, la conjunción entre el silicio (Si) y el estroncio (Sr). En las casillas centrales de cada elemento dispuestas en diagonal, se advierte que el sitio Proveedora representado en color rosa, cuenta con una relativa diferencia, respecto a los otros dos sitios. Sin embargo, en términos generales se observa una amplia dispersión entre las muestras lo cual no permite definir una tendencia clara de cohesión entre las variables.

Antes de continuar con la explicación de los datos adquiridos de las pastas, es necesario advertir que, la literatura especializada sugiere un tratamiento en la pasta antes de la lectura por fluorescencia de rayos X. Dicho procedimiento requería la destrucción de un segmento del fragmento para limpiar enriquecimientos mineralógicos que se producen en los fragmentos al estar expuestos a factores de degradación ambiental. Esto se realizó, cortando con pinzas, pequeños segmentos de la pasta en puntos muy pequeños (1 mm) de los fragmentos.

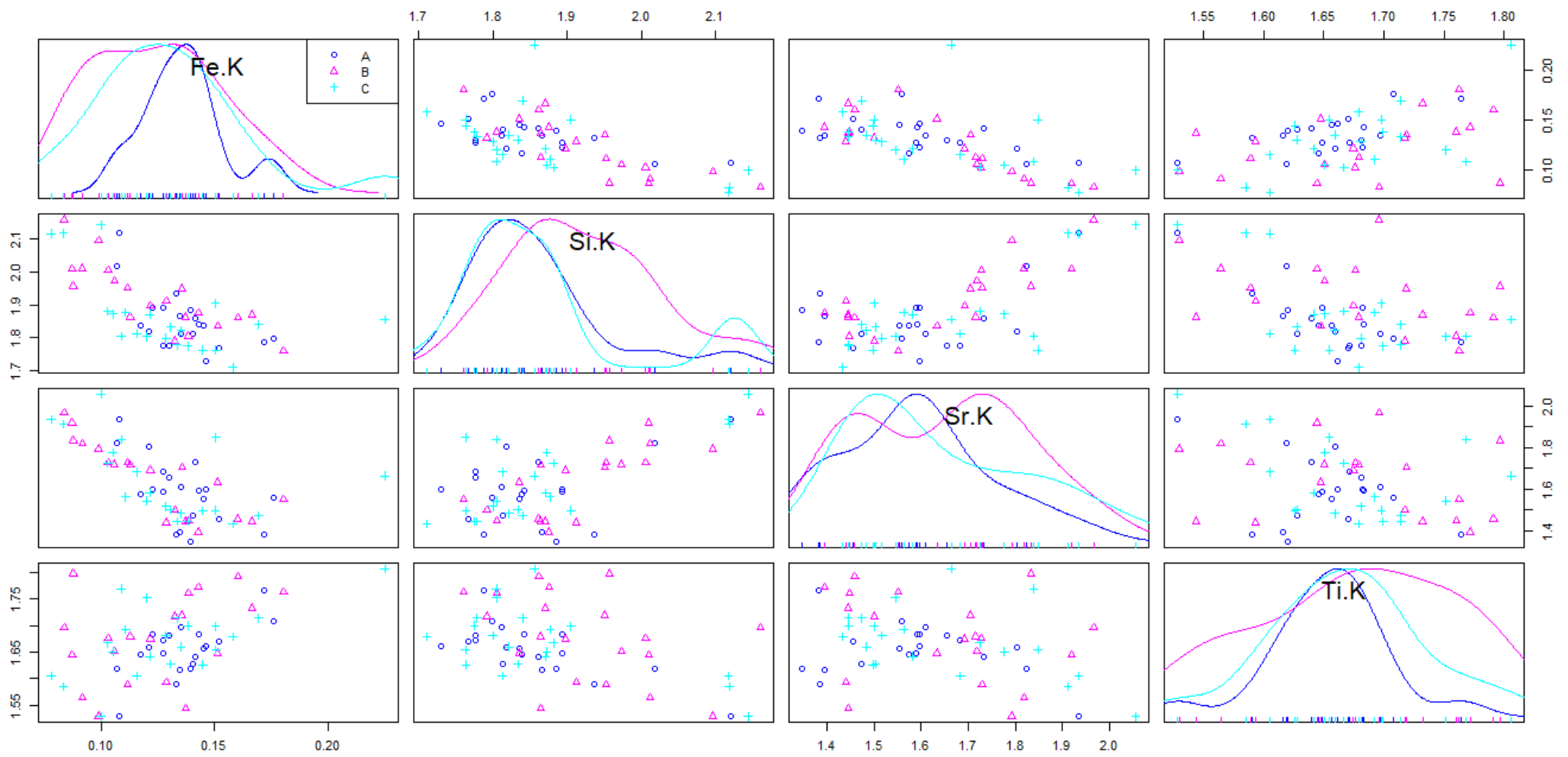


Figura 48. Matriz de dispersión para pastas de PC por sector.

Como se advierte en el diagrama anterior, es difícil generar una tendencia con los datos de la pasta por sitio, solo podemos atinar a discriminar entre aquellas muestras que cuentan con valores radicalmente diferentes a la tendencia general de la muestra. Aunque, como veremos en el siguiente diagrama (Figura 44) con elipses que representan el 88% de confiabilidad estadística basadas en la distancia de un punto en medio de cada grupo con mayor homogeneidad, punto calculado en este caso por medio del test de “K-means”. Existen en las pastas por los menos tres (3) grupo composicionales (GC) potencialmente distintos entre sí.

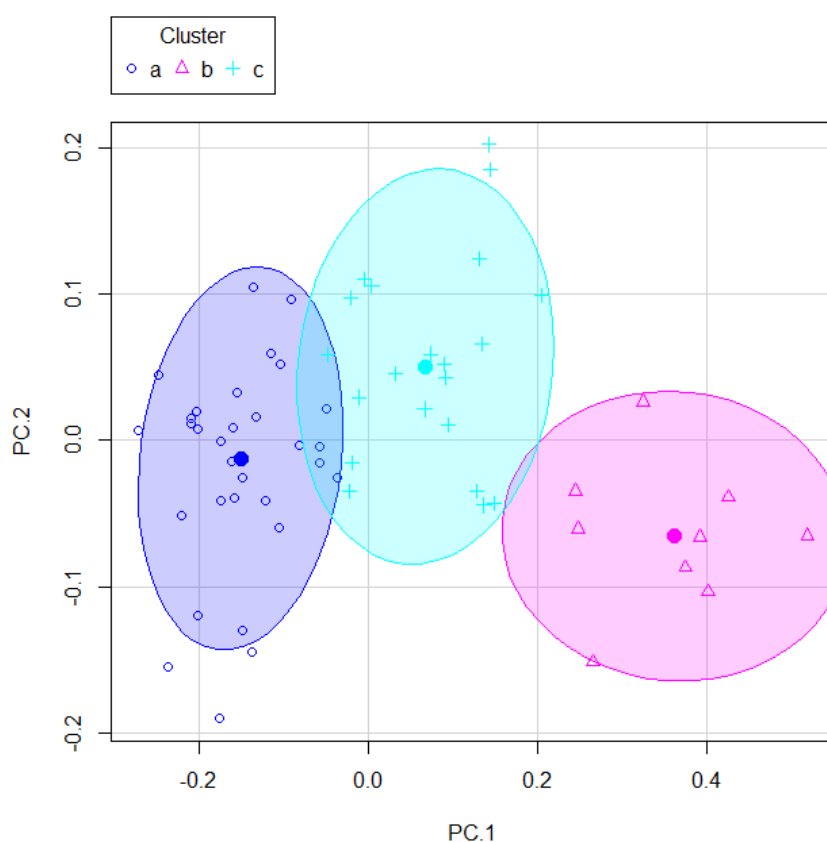


Figura 49. Círculos de confiabilidad de 78%, de PC en pastas, por sitios.

Se observa una tendencia a separar tres (3) grupos distintos de componentes principales (PC) que podrían corresponder a mezclas de arcillas diferentes entre sí, con las que se modelarían los recipientes cerámicos. El círculo azul engloba (32) fragmentos, que representan el mayor número de muestras con tendencia negativa de la media general de los promedios entre el componente principal (PC.1) y el (PC.2), el cual se trata de un primer **grupo composicional** (GC) discriminante denominado “a”. El círculo azul claro está

integrado por (20) fragmentos, en valores positivos denominado (GC) “c”; mientras que el círculo rosa, indica la existencia de un último grupo minoritario frente al total de la colección en el cual solo existen (9) fragmentos y se denomina (GC) “b” (Figura 45).

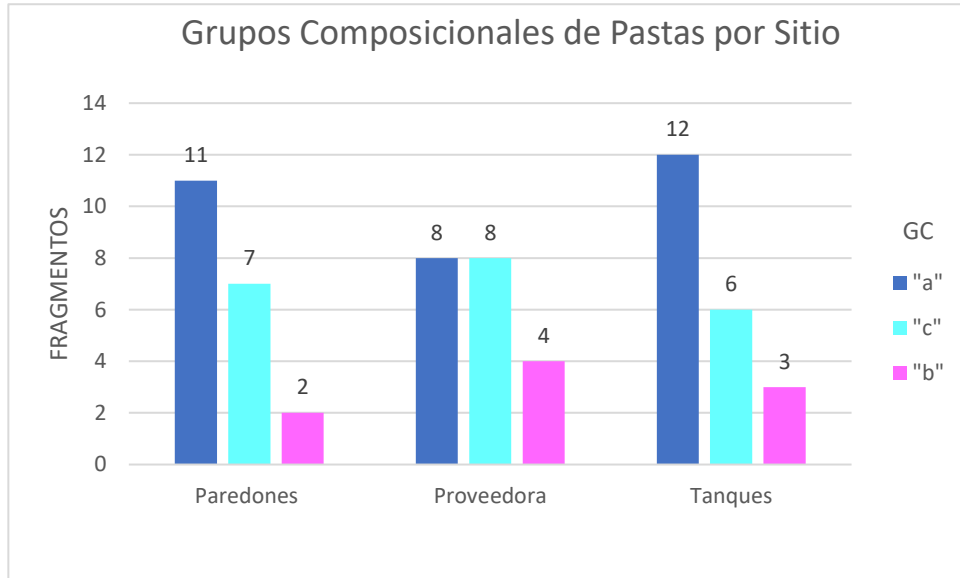


Figura 50. Grupos Composicionales de Pastas por Sitio

Para validar esta separación de grupos, se aplicaron los test estadísticos conocido como *Clusplot* y *Siluetas* con el fin de corroborar las tendencias sobre las agrupaciones observadas.

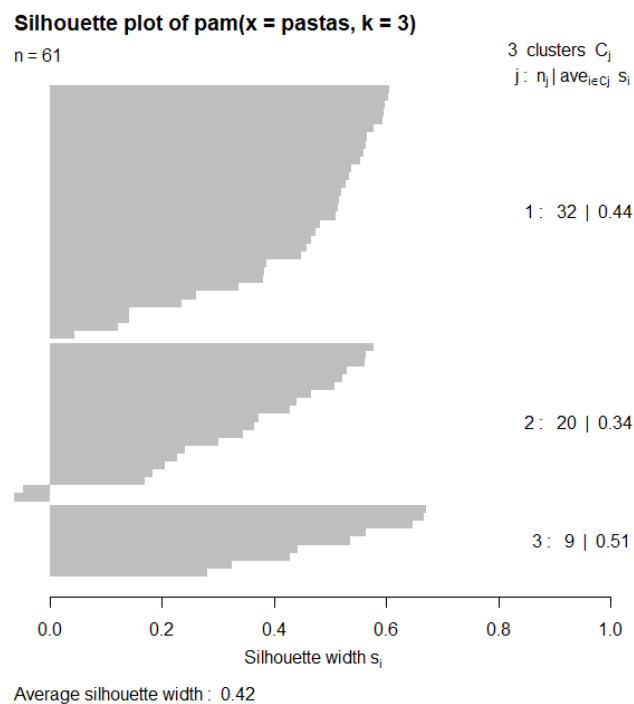


Figura 51. Diagrama de Siluetas para pastas. Donde 1= “a”, 2= “c” y 3= “b”

En el diagrama de siluetas (Figura 46), se observa la separación porcentual de los tres conjuntos de muestras que tiene una mayor cohesión entre sí; en este caso la gráfica muestra que treinta y dos (32) muestras están en el grupo “a”, veinte (20) en el grupo “c” y solo nueve (9) en el grupo “b” con valores no muy diferentes entre sí.

Lo anterior se corrobora con un gráfico *Clusplot* (Figura 47) el cual nos arroja un porcentaje sobre estos mismos tres (3) grupos que representan muestras en cuya “huella química” es más homogénea entre sí, las nubes indican la distancia basándose en los valores de los componentes principales en pastas engloban un 94% de la variabilidad.

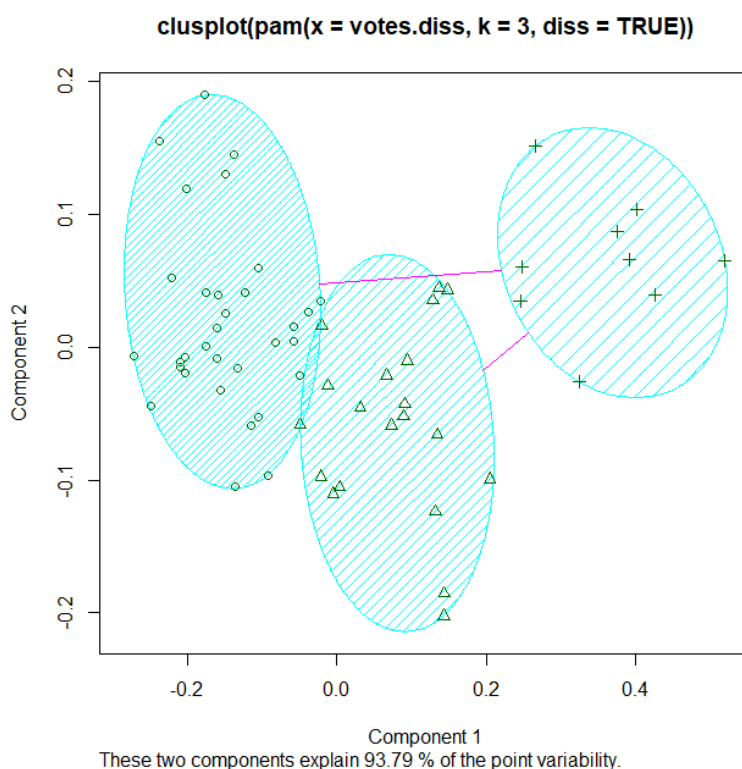


Figura 54. Gráfica mostrando la separación entre los dos grupos composicionales determinados para pastas. Los dos componentes explican el 93.79% de la varianza.

Los dos componentes principales que explican más del 93% de la variabilidad entre los elementos en las pastas, son el estroncio (Sr) y silicio (Si). De los cuales se logran diferenciar tres (3) grupos de pastas que corresponderían a tres (3) posibles fuentes de materia prima diferentes o bien, formas de mezclar las arcillas en donde la búsqueda de ciertas propiedades térmicas, de peso y/o porosidad. Guiarían a las alfareras a seleccionar y combinar arcillas con

proporciones distintas de cargas mineralógicas entre sí, en búsqueda de propiedades térmicas y de resistencia específicas.

Grupos composicionales en las pastas cerámicas

El siguiente diagrama (XY) enfrenta la dispersión entre los tres componentes principales (PC) mostrando cuadros con los tres grupos de (PC) identificados como (“a”, “b” y “c”) y su respectiva dispersión de las muestras por sector en colores diferentes. A fin de automatizar las funciones en el programa estadístico, los sectores se denominaron de sur a norte con letras mayúsculas. A, B y C, frente a sus respectivos colores azul= Paredones, rosa= Proveedora y verde= Tanques.

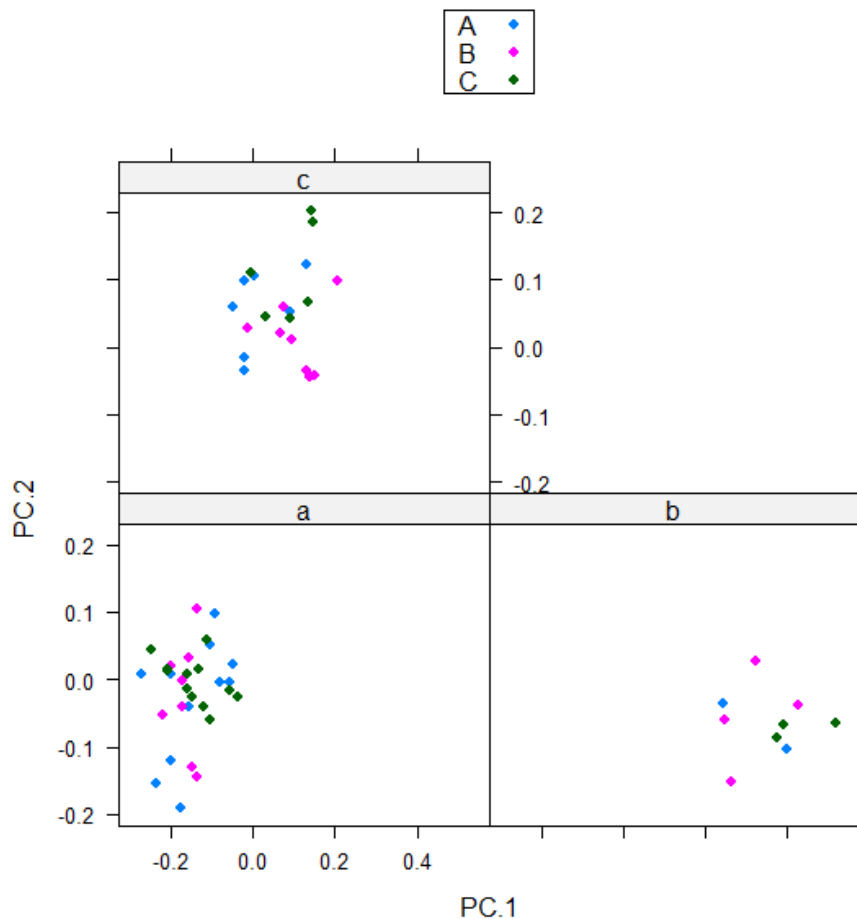


Figura 55. Diagrama (XY). En Grupos Composicionales de pastas, discriminadas por sector

En las pastas se puede observar que las tres huellas químicas están representadas por números de muestras diferentes que involucran los tres sectores de análisis. Los (GC) “a” y “c”, son relativamente similares, aunque su

variación radica en la presencia de minerales con mayor cantidad de silicio (Si), en el grupo “c” que en el grupo “a”. Mientras que el grupo “b”, está conformado por nueve (9) muestras que cuentan con niveles más elevados de estroncio (Sr), elemento altamente representado en uno de los componentes principales (PC.1) (Figura 48).

Como ya se mencionó anteriormente, el universo de muestras se compone mayoritariamente por cerámica del tipo Trincheras Púrpura sobre rojo (TPR) $n=47$ fragmentos, seguida del Trincheras Púrpura sobre Café (TPC) $n=9$ fragmentos y, por último, algunas muestras el tipo Policromo (Poli) con $n=5$ fragmentos. Pasemos a explicar, cual es el comportamiento observado al realizar la misma gráfica (XY) de GC por tipo cerámico (Figura 49).

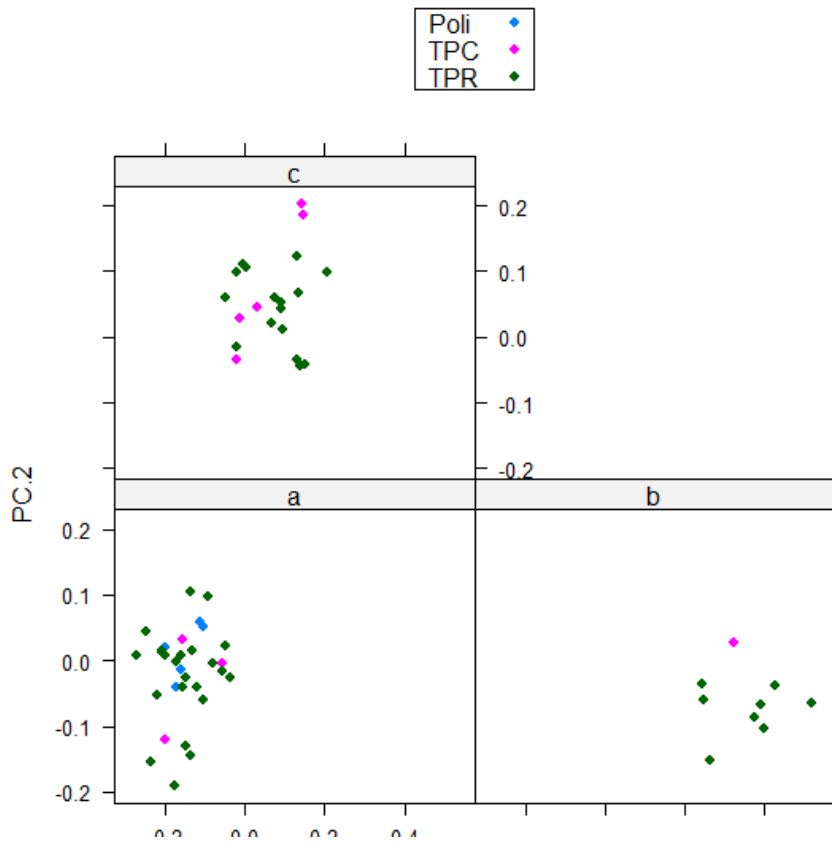


Figura 56. Diagrama (XY) _ Grupos Composicionales de pastas, discriminadas por tipo cerámico

Se puede decir que las pastas de los 5 fragmentos cerámicos del tipo policromo están elaboradas con arcillas químicamente muy similares entre sí y podrían corresponder a un mismo sector de elaboración, pesé a estas se hayan

recuperado en tres sectores diferentes y no corresponden, a las huellas químicas de los fragmentos pertenecientes a los GC "a" y "b" (Figura 50).

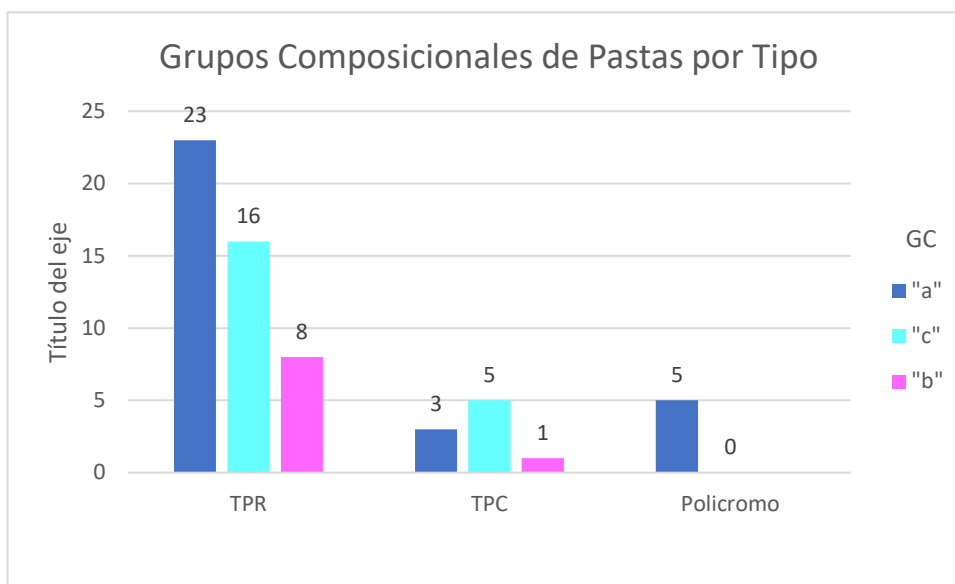


Figura 57. Grupos Composicionales de Pastas por Tipo

A partir de la visualización de esta información por medio de una gráfica *Scatter plot* (Figura 51) se logró individualizar a cada una de las muestras que componen los tres grupos identificados tentativamente por medio de la fluorescencia de rayos x en pastas (Tabla 6). Sin embargo, es necesario decir que, para separar grupos de pasta, los resultados más confiables y asequibles se hacen con un análisis petrográfico en secciones delgadas, ya que los resultados sobre las pastas con FRX sin hacer prueba de polvos no son del todo concluyentes.

Sector/GC	"a"	"b"	"c"
Paredones	6-18-7-19-5-10-20-17-16-1-2	3-8-9-13-12-15-14	4-11
Proveedora	22-33-32-34-35-39-40-21	26-30-28-36-37-24-29-25	38-23-27-31-
Tanques	52-60-59-58-45-41-47-55-56-42-44-46-	48-61-51-49-50-53	43-57-54

Tabla 5 Muestras correspondientes a los tres grupos químicos identificados en las pastas cerámicas.

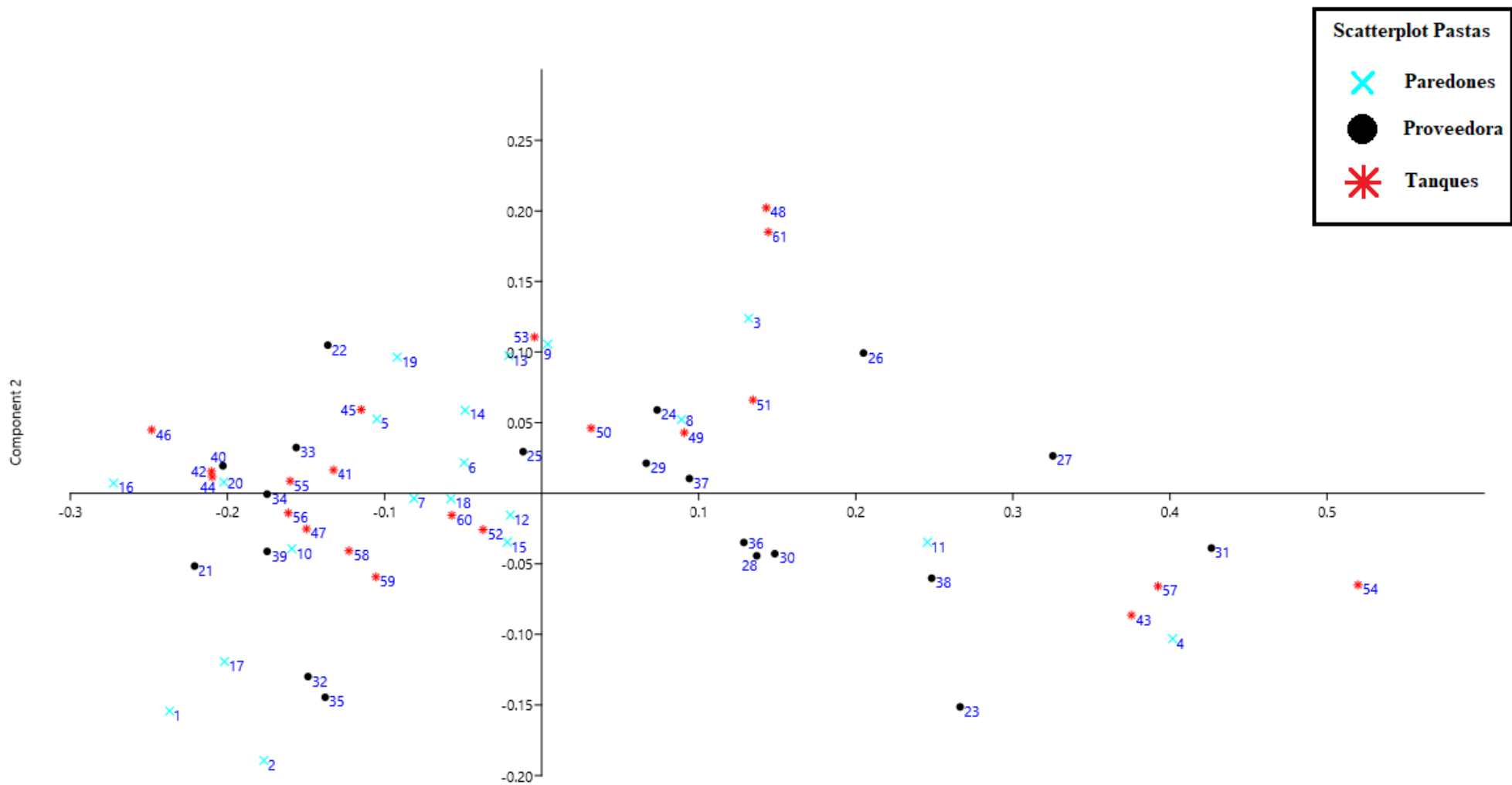


Figura 58. Diagramas de puntos (Scatter Plot) el cual representa gráficamente el cruce entre los elementos traza transformados en Log.19 (PC) de las pastas y los sectores de procedencia de cada muestra. Cada muestra esta numerada y el color representa el sector arqueológico de su hallazgo.

Principios y justificación del análisis de datos

El manejo estadístico de la información tuvo una primera etapa donde se realizó la normalización de los datos sacando el promedio general de las lecturas de cada superficie de análisis (pigmento, engobe, pastas), definiendo la desviación estándar por cada elemento identificado para luego hacer la transformación logarítmica en base decimal (Log.10), estos procedimientos se efectuaron en el programa *Microsoft Excel*® y el cálculo estadístico y la gráficas que explican dichos cálculos se realizaron en el software R.

Como ya se mencionó en el capítulo 4, la representatividad de las medidas de FRX, se adquirieron 11 espectros en cada uno de los 56 fragmentos dicromos (TPR y TPC) mientras que en los 5 fragmentos policromos se tomaron 10 lecturas correspondientes a las 3 superficies pictóricas (pigmento púrpura, pigmento blanco y engobe rojo). Las lecturas se tomaron en diferentes puntos del cuerpo del fragmento cerámico, seleccionadas previamente con la observación microscópica con luz polarizada. Se calcularon la media, la desviación estándar y la variación relativa de las intensidades máximas, transformando los datos a logaritmo decimal (Log-10) (Glascok 1992). De esta manera se graficaron las inferencias a un solo valor derivado de esta transformación logarítmica y su valor promedio, esto, de cada región de superficie analizada (pigmento, engobe y pasta).

En el presente caso, se ha determinado que los elementos significativos en el caso de **los pigmentos** incluyen el aluminio (Al), titanio (Ti), calcio (Ca), manganeso (Mn), usando para generar los GC del titanio y el aluminio; para **los engobes** fueron usados el estroncio (Sr), zinc (Zn), titanio (Ti), potasio (K), usando para generar los GC el estroncio y el zinc, mientras que en el caso de **las pastas**, los elementos fueron silicio (Si), estroncio (Sr), titanio (Ti) y hierro (Fe), usando para generar los GC el estroncio y el silicio. Se seleccionaron estos elementos debido a que tienen una desviación estándar general de cada superficie analizada, que no supera la variación del 25% entre sí.

Inferencias arqueológicas a partir del análisis químico mediante FRX

En este documento, comenzamos a explorar aspectos relacionados con los límites territoriales y la interacción social mediante el examen de los patrones en el uso de materias primas para la elaboración de cerámicas. Es posible considerar que la gente de diferentes zonas que comparte la misma receta transporta consigo el material colorante, desde fuentes cercanas al sector Tanques y después dicho recipientes eran usado en los sectores Paredones y Provedora. Esta hipótesis se basa en algunos autores que han sugerido niveles relativamente altos de movilidad en grupos del noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos (William H 1980, Miksa 2001, Eerkens, Neff et al. 2002, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011, Claypatch 2018).

Si observamos el comportamiento químico de la cerámica del sector Tanques, en el caso de los pigmentos del GC “a”; parecería que la producción de estos pigmentos estuviera fija solo en este sector. Aunado a lo anterior, la mayoría de este (GC) “a” se encuentra en los sitios costeros de los sectores Paredones y Tanques, que comparten este grupo y cuya relación es más fuerte entre sí que con los sitios del sector Provedora.

Se identificaron dos tipos de hematita: una arcillosa y otra cristalina (especular o especularita); la fórmula química de ambas es igual, pero cambia su estructura morfológica. La primera cuenta con partículas de hierro sólidas de color rojo, insertas en una matriz de arcilla. Mientras que la segunda se conoce como *hematita especular* y se caracteriza por tener partículas laminares con brillo metálico de un mayor tamaño.

Teniendo en cuenta que se trata de una muestra pequeña y exploratoria, es importante lograr distinguir y documentar la existencia de por lo menos dos recetas al interior de un mismo tipo cerámico; diferencia que podría seguir rastreándose en la región por medio de la técnica de FRX. El hallazgo de 12 fragmentos que comparten la misma receta entre los sitios (SON:E:13:1 y Calera-Pashes) pertenecientes a los sectores (A= Paredones y B= Provedora), lo anterior sugiere eventos de contacto directo por medio de cerámica con decoración “especular”, lo cual podría considerarse como un importante marcador sociocultural.

- 1) El pigmento en la cerámica del sector Tanques, estadísticamente se encuentra estable y da la impresión de encontrarse fija en el propio sector.

En el caso del estudio exploratorio sobre pastas cerámicas resultaron tres posibles grupos composicionales. Como era de esperarse, se debe a la existencia de una gran heterogeneidad de la composición elemental de los materiales involucrados en la mezcla de arcillas. Esto solo podrá aclararse con la comparación intra-sitio de la variabilidad de sus agregados y técnicas de manufactura. La petrografía sobre secciones delgadas proporciona información más clara referente a cómo y qué tipo de arcillas están utilizando, si son o no provenientes de fuentes similares, en donde se están replicando prácticas previamente aprendidas destinadas a cumplir con procesamiento similares.

Fase IV: Resultado análisis microestructural SEM/EDS

En búsqueda de afirmar los indicios sobre la existencia de por lo menos dos grupos composicionales diferentes, presentes en los recubrimientos pigmentarios de la muestra de cerámica Trincheras analizada con la técnica de FRX. Se seleccionaron 11 fragmentos diagnósticos correspondientes a cada uno de los grupos composicionales (GC) y representativos a nivel geográfico. Cinco (5) provienen del sector Paredones, tres (3) de Provedora y tres (3) de Tanques (Tabla 7).

Se sometieron 5 muestras representativas de cada uno de los grupos composicionales (GC) detectados en pigmentos “a” y “b”, también el único fragmento del “c” con el fin de caracterizar las concentraciones de los elementos químicos minoritarios, que son diagnósticos y distintivos entre el engobe y el pigmento. Para confirmar y obtener imágenes de estos grupos, previamente identificados con la FRX, se realizaron mapeos y observaciones puntuales de 30x, 50x, y 200x por medio del SEM/ EDS caracterizando la morfología de las inclusiones, la composición elemental y su distribución con mapeos sobre la región diagnóstica previamente seleccionada con la microscopía óptica (LP) y comparando los elementos diagnósticos de cada (GC).

Muestras Analizadas por SEM/EDS						
“GC”	“a”	“b”	“c”	SECTOR	SITIO	BOLSA
Muestra						
5	x			Paredones	SON:E:13:1	35964
14	x				SON:E:13:11	56571
25	x			Proveedora	Calera-Negro	71
41	x			Tanques	SON:E:9:3	34129
50	x					56733
1		x		Paredones	SON:E:13:6	36041
2		x				
4		x			SON:E:13:1	35964
27		x		Proveedora	Calera-Pashes	73
36		x				
61			x	Tanques	SON:E:9:3	56715

Tabla 6. Muestras seleccionadas para el análisis SEM

Sabemos que las capas pictóricas son bastante heterogéneas, por lo tanto las muestras de ambos grupos fueron sometidas a análisis puntuales específicamente en las inclusiones más diagnosticas observadas sobre pigmento y engobes dirigidas a micro áreas, a fin de comparar las diferencias encontradas en el análisis por FRX (Ver Anexos). A continuación, se muestran algunas de las características semi-cuantitativas y cualitativas detectadas con el SEM/EDS.

En un conjunto de muestras (10) representativas de ambos grupos composicionales, con respecto a su recubrimiento pictórico y luego se enunciarán posibles interpretaciones sobre las implicaciones del conocimiento tecnológico en el desarrollo e implementación de estas técnicas decorativas durante la fase Atil (200-800 a.C.). Por último, se describe lo observado en la muestra 61, que forma el grupo composicional “c”.

Análisis de la imagen

Pigmento púrpura no especular: Grupo "a"

En la siguiente imagen (Foto 35) se observa una parte de la capa pictórica y una de engobe perteneciente a la muestra 50 proveniente del sector Tanques, se presente una microfotografía a X50 aumentos. En la imagen, los tonos más claros señalan la presencia de elementos químicos atómicamente más pesados, y los más oscuros son los más ligeros.

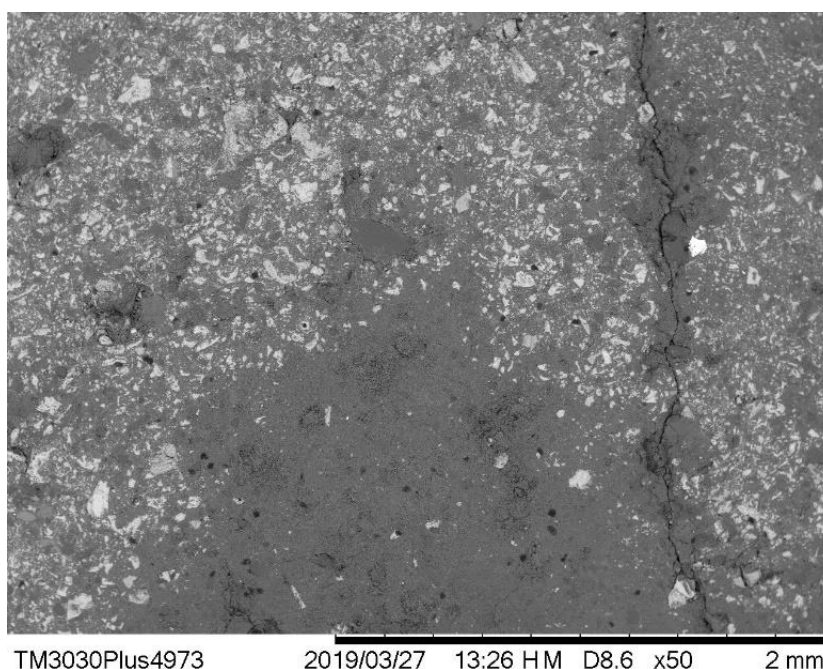


Foto 40. Microfotografía SEM/EDS. Muestra 50 a X50

La granulometría del color en la muestra es heterogénea, el tamaño de las partículas que compone el pigmento mide de 50 a 200 μm micrómetros. Estas están distribuidas de manera irregular y adheridas a la matriz del engobe y pasta, gracias a la cohesión térmica que sufrieron al momento de la fabricación del recipiente cerámico.

El mapeo de distribución elemental alcanzado con esta técnica a partir de micro-imágenes permitió identificar en los fragmentos del GC “a”, la presencia o ausencia de ciertos elementos químicos. Entre estos se destaca concentraciones de titanio (Ti) y hierro (Fe) (óxidos de hierro y titanio) sobre el pigmento de este grupo. Mientras que en la superficie del engobe se observa altas concentraciones de silicio (Si) y aluminio (Al) presentes en lo que parece ser la base arcillosa del engobe, indicando aluminosilicatos comunes en ese tipo de tierras (Figura 52).

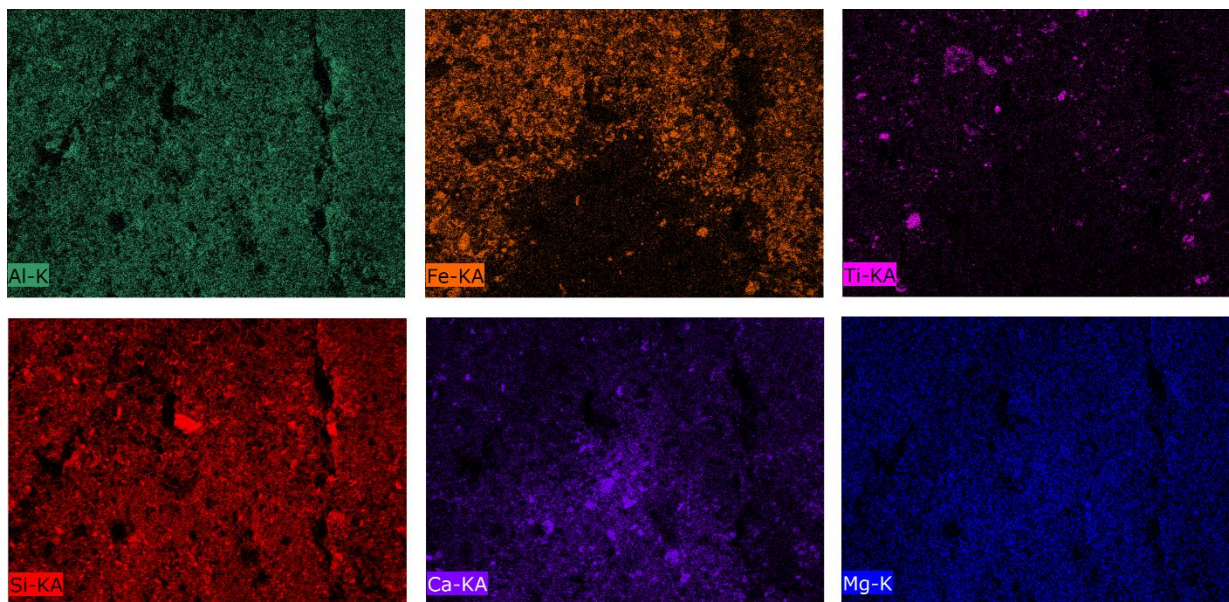


Figura 59. Mapeo elemental SEM/EDS, muestra 50 a X50

En este tipo de imágenes se puede observar que, en el engobe, por ejemplo, existen concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) como elemento distintivo de este grupo. Algo que no se logró determinar por completo por medio de la FRX.

Este patrón es recurrente en las muestras pertenecientes al GC “a”, en el siguiente ejemplo (Foto 36) se muestra el caso del fragmento 25 proveniente de la Provedora. Se muestran espéculas pequeñas de mineral de hierro (Fe) observadas a X1.0K (mil aumentos), el cual se encuentra adherido en la matriz de la superficie arcillosa del engobe y la pasta, esto confirma que el pigmento

fue puesto antes de la cocción del recipiente. Ya que este tipo de estructura se cohesión al estar expuesta el calor.

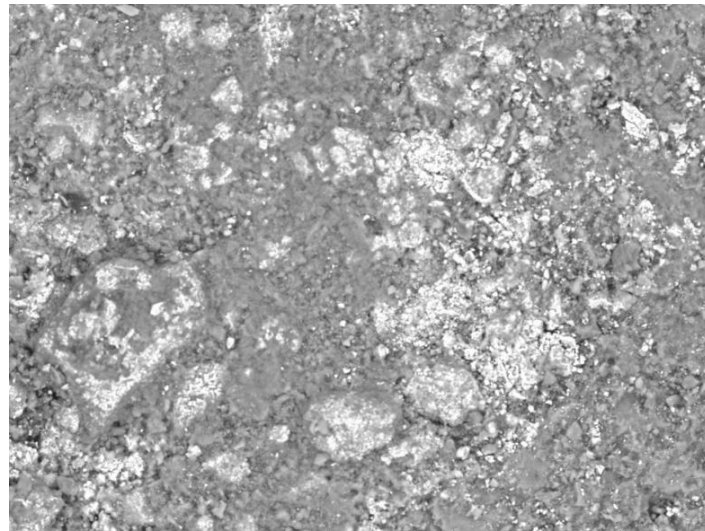


Foto 41. Microfotografía en muestra 25 a X1.0k

Por otro lado, es evidente que el material colorante a base de hierro está formado por partículas finas > a 50 μm micras, las cuales probablemente fueron procesadas como parte de un tratamiento que incluyó la trituración de este, previa a su aplicación de la mezcla pictórica sobre el recipiente aún fresco. En este GC "a", no se observaron evidencias de que su distribución y concentración fueran el resultado de un tratamiento post-cocción, en donde se buscara con el lustre, deshacerse de las propiedades intrínsecas de los pigmentos, tales como el brillo "especular" tal y como lo afirma la literatura arqueológica. Ya que este tipo de acabado dejaría huellas de presión o fricción que no fueron evidenciadas, por lo menos en la muestra seleccionada para el presente estudio.

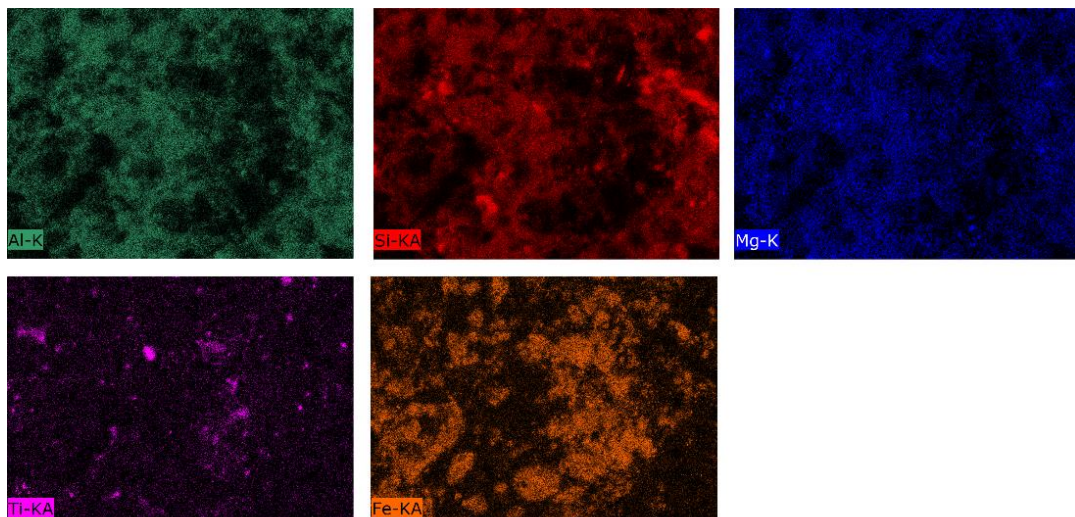


Figura 60. Mapeo elemental SEM/EDS en muestra 25

En la muestra 25, también se hace evidente la presencia de óxido de titanio (Ti) como parte del pigmento, junto con una alta concentración de hierro (Fe) (Figura 53). Este comportamiento del material colorante probablemente indique la presencia de un compuesto mineral de hierro en una fase cristalina, conocida como ilmenita (FeTiO_3) (Figura 54). Dicho compuesto mineral frecuentemente es identificado en cerámica arqueológica y es considerado útil para realizar estudios de procedencia al estar presente en tierras de ciertas regiones geológicas específicas (Arenas, Silva et al. 2010).

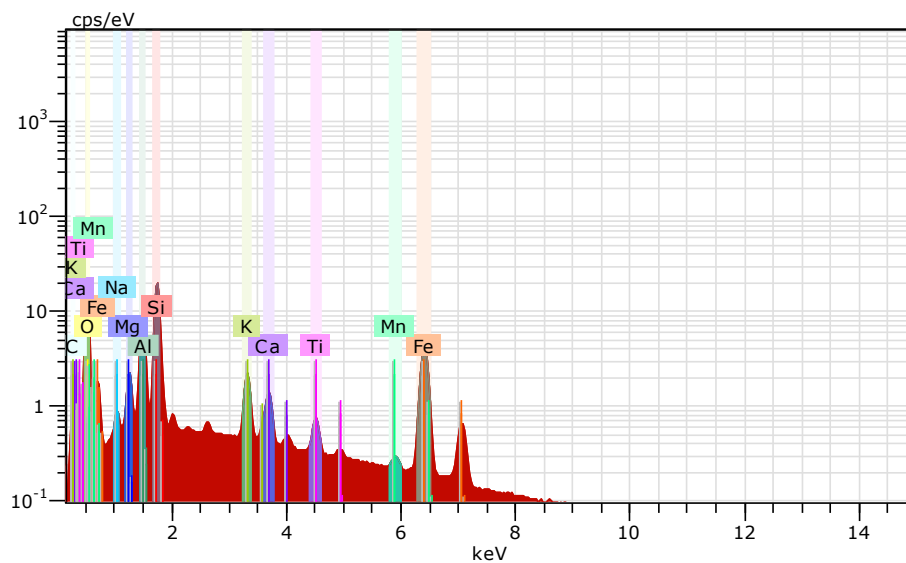


Figura 63. espectros de SEM/EDS en la muestra 25, en donde se muestran elementos asociados a la ilmenita.

Las concentraciones de hierro (Fe) corresponderían a hematita, la cual cuenta con una estabilidad cristalográfica alta, esta propiedad le permite tener una considerable durabilidad en el tiempo, convirtiéndose en un material muy utilizado para la preparación de pigmentos rojos. Son por demás, altamente resistentes a la degradación lumínica y al intemperismo.

Tal y como se logró identificar durante la FRX, este grupo composicional posee mayores cantidades de un compuesto mineral con presencia de titanio (Ti), en mayor proporción que las muestras del grupo composicional “b”. El análisis SEM confirma dicho comportamiento y, además, permitió conocer el patrón de distribución de este mineral, sobre el recubrimiento pictórico.

Veamos un último ejemplo respecto al GC “a” en pigmentos, la muestra número 5 recuperada en el sector Tanques (Foto 37), observada a X200 aumentos, tiene las mismas características. Aquí se pueden observar algunas partículas de mineral de hierro un poco más grandes, pero que no superan los 100 μm micrómetros.

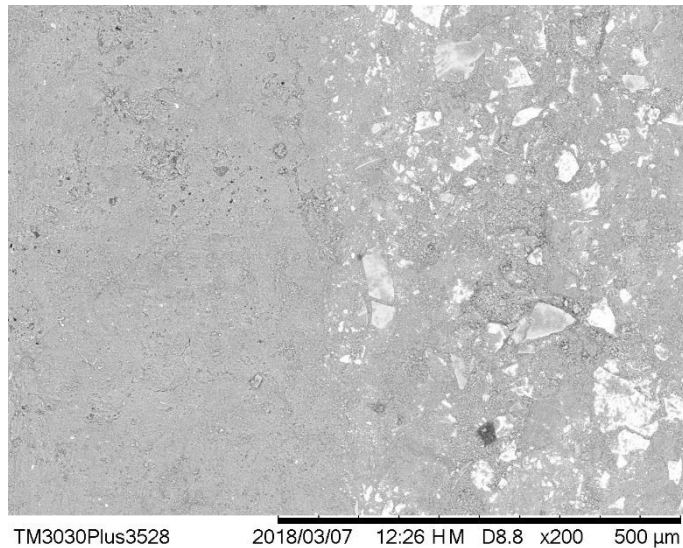


Foto 42 Microfotografía en muestra 5 X200 aumentos

Las imágenes del mapeo elemental muestran claramente la presencia de óxidos de hierro (Fe) y titanio (Ti) formando parte del pigmento, junto con otras concentraciones de manganeso (Mn) (Figura 55). Este último elemento es interesante, ya que puede ser el causante de que el óxido de hierro adquiera una tonalidad de marrones oxidados, creando el aspecto de un color púrpura.

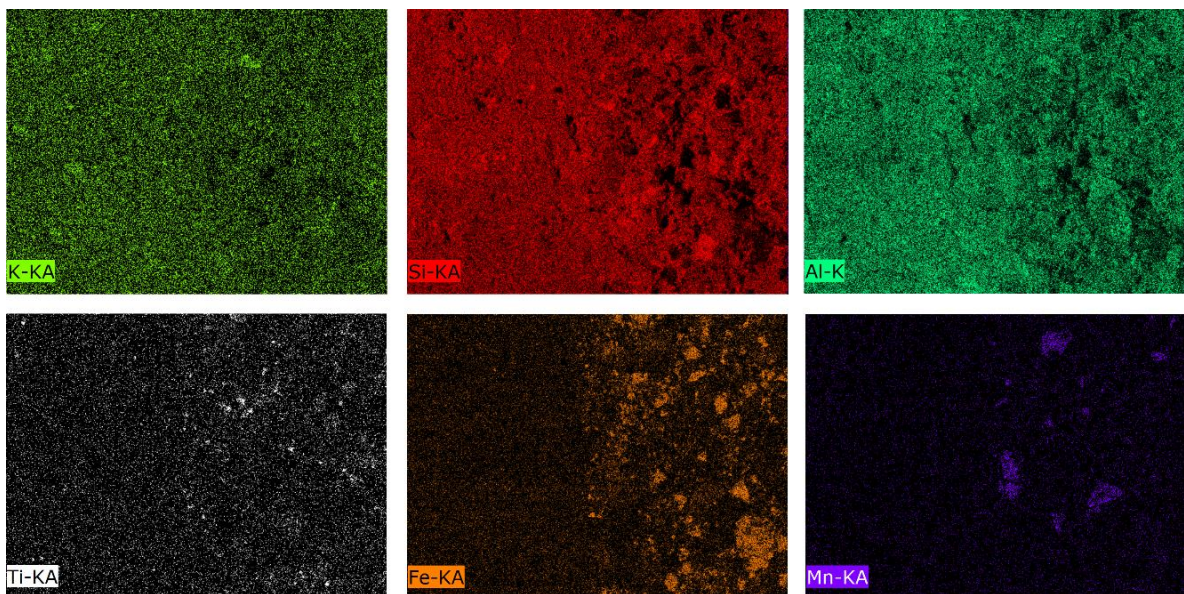


Figura 65. Mapeo elemental SEM/EDS en la muestra 5, X200

En el engobe de este GC “a”, también fue recurrente identificar valores relativamente altos de potasio (K) y sodio (Na), lo cual hace pensar en el tratamiento que tuvo la mezcla de arcillas para crear la suspensión coloidal, base en la elaboración de este recubrimiento pues el elemento potasio (K), suele resultar de la combustión y posterior disolución en agua de elementos de origen orgánico como la madera.

Decoración especular del Grupo “b”

Recordemos que este grupo está compuesto por 12 fragmentos que representa el 20% del total de las muestras analizadas. Dicho grupo, aunque minoritario, reviste especial interés pues en él es posible evidenciar algún tipo de interacción directa entre los sectores Proveedora y Paredones. Eso se confirma a partir de su composición elemental, la cual parece indicar de que se trata de pigmentos logrados a partir de la mezcla de materiales colorantes procesados de manera diferente, o bien, procedentes de un yacimiento distinto a los del grupo “a”, que se encuentra presente únicamente en muestras de estos dos sectores.

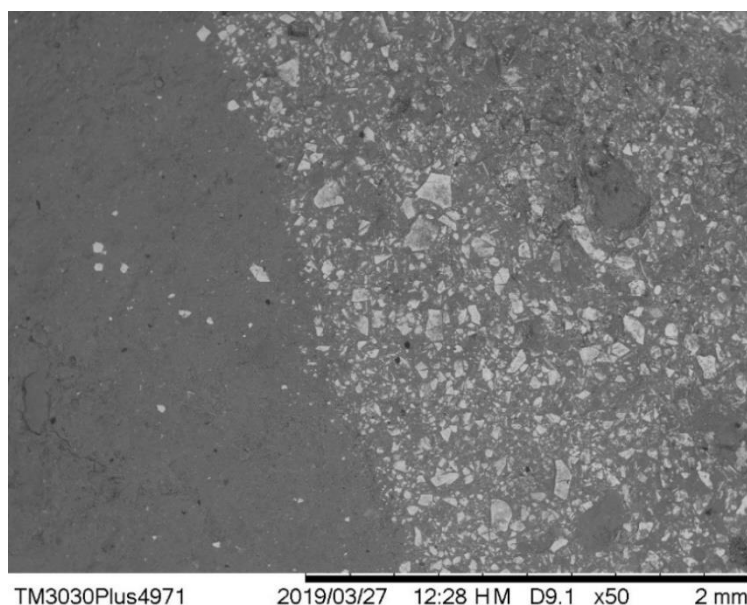


Foto 45 Microfotografía, muestra 36. Aumentos x50

Las microfotografías del fragmento 36, permitieron medir las partículas que forman parte de la capa pigmentaria, cuyas dimensiones son $<100 \mu\text{m}$ micras las cuales se encuentran en mayor densidad, mayor tamaño y cohesión que las presentes en el otro grupo composicional “a” (Foto 38).

Por su parte, los mapeos elementales en esta muestra 36, permitieron confirmar que los fragmentos del GC “b”, **no** presentan altas concentraciones de titanio (Ti) en el recubrimiento pictórico y que las proporciones de hierro (Fe) son más altas (Figura 56). Estos indicios marcan una clara distinción entre los pigmentos de ambos grupos.

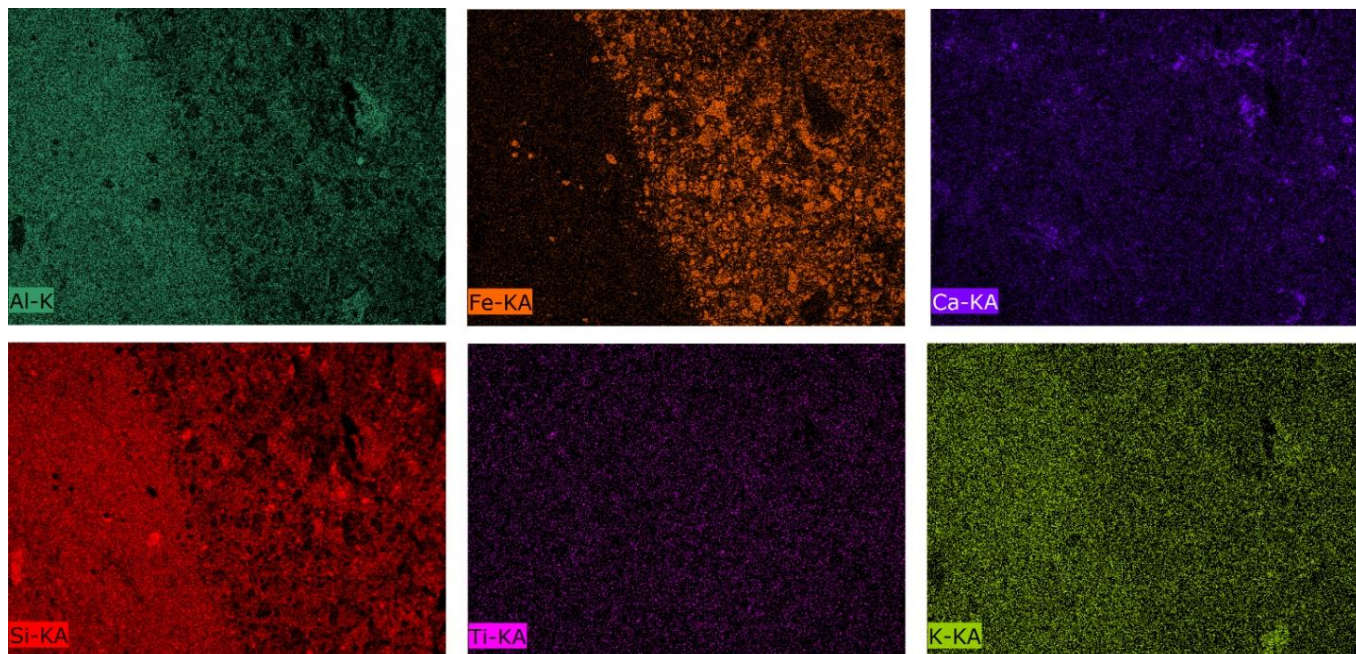


Figura 68. Mapeo SEM/EDS en muestra 36 especular de proveedora

Otro ejemplo de ello se encuentra en el fragmento 4 del sector Paredones (Foto 39), en cuya observación a X200 permitió caracterizar partículas de hierro de estructura laminar, con fisuras de quiebre angular a manera de espéculas planas en tamaños un poco mayores a <math><4-50\text{ nm}</math>. La tendencia a contener partículas de hierro más grandes se puede relacionar con el proceso de preparación del pigmento, en donde el material colorante no fue pulverizado tan fina, como las del pigmento en el grupo “a”.

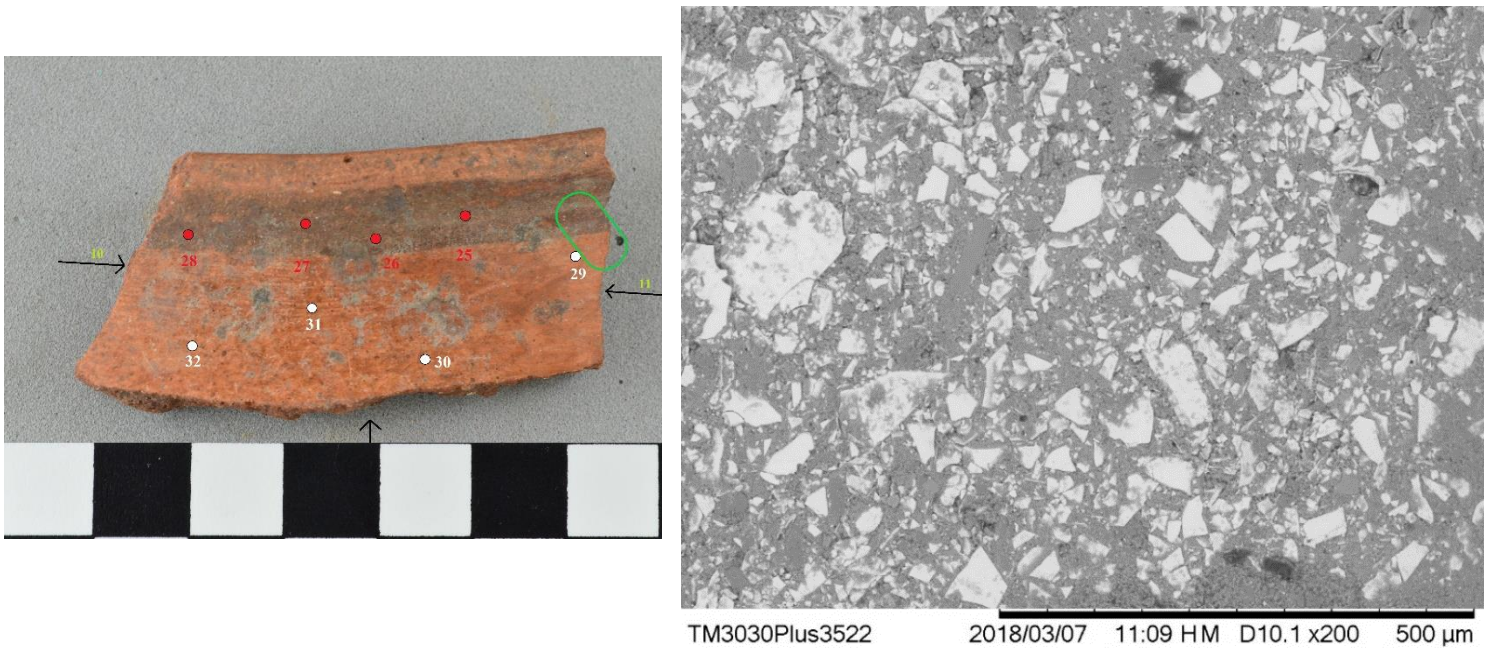


Foto 47 Microfotografía, en área de la muestra 4 X200.

Y en ellas, la poca cantidad de mineral de titanio (Ti) también se puede apreciar en el mapeo elemental (Figura 57), mientras que las partículas de hierro alcanzan niveles de intensidad mayores.

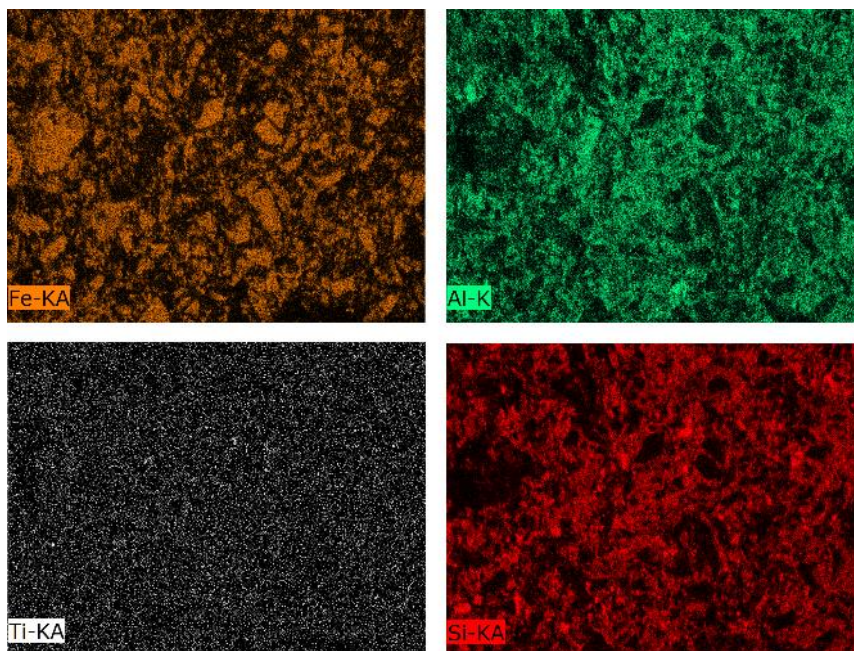


Figura 71. Mapeo elemental en muestra 4, no se aprecian concentraciones minerales de Titanio.

Los altos contenidos de hierro en este grupo “a” podrían confirmar su pertenencia a un óxido del tipo hematita (Fe_2O_3) y la estructura especular de los mismos son típicos del compuesto mineral de carácter especular que en altas concentraciones y con mayor cohesión sería el causante de su aspecto brillante (Figura 58).

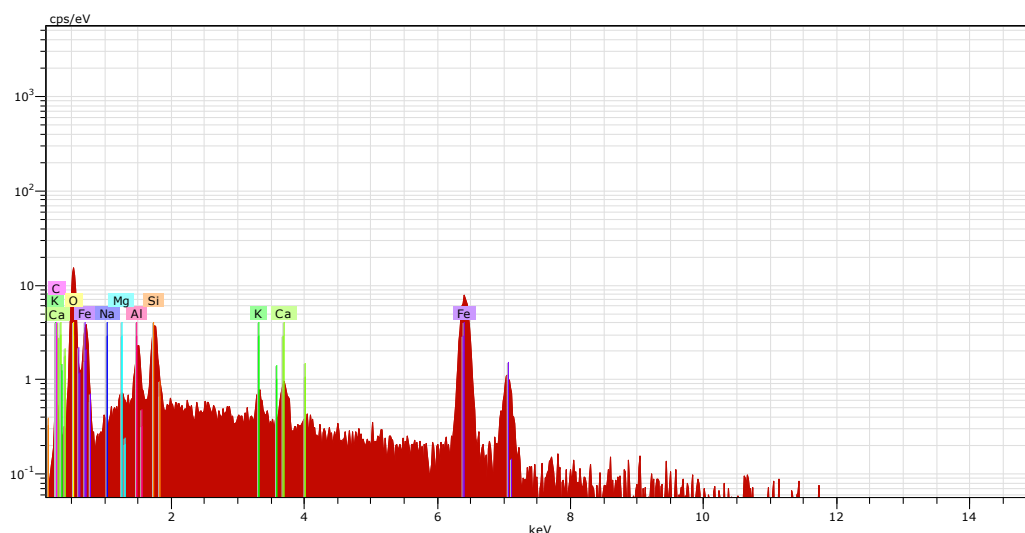
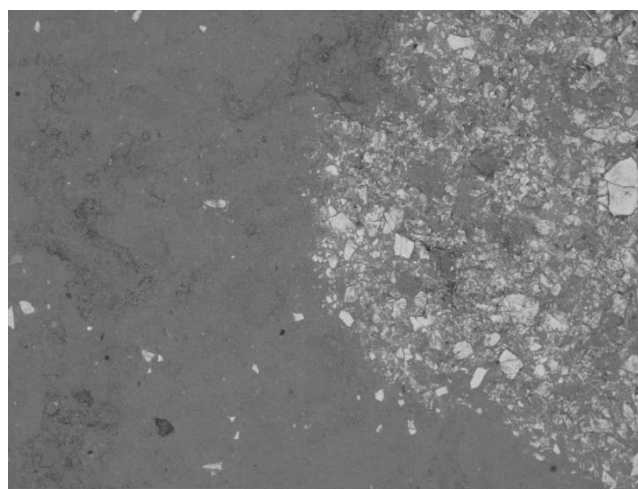


Figura 73. espectros de SEM/EDS de la muestra 4, donde no se aprecia el pico diagnóstico para Titanio (Ti). Pero si para el hierro (Fe)

Sin embargo, esto no es un dato concluyente y ameritaría ser corroborado mejor con análisis destructivos por pastillas en polvo con la ayuda de la difracción de rayos X (DRX), o bien, con secciones delgadas que vistas por SEM/EDS, lograrían distinguir los elementos presentes tanto en pigmento como en pasta.

Continuemos con un ejemplo más, basándonos en la información obtenida por medio de esta técnica, aplicada al fragmento 27 proveniente del sector Provedora.

La microfotografía de la muestra 27 (Foto 40), confirma que las inclusiones tienen un tamaño mayor, de hasta 2-3 mm milímetros, y hacen parte del material especular que se observa comúnmente en este tipo. Ello corresponde al efecto causado por la naturaleza, proporción y fase de cristalización en las inclusiones gruesas y especulares de mineral de hierro (Fe), las cuales no tienen presencia de titanio (Ti), propias de una fuente distintiva.



TM3030Plus5118 2019/04/29 17:16 HM D10.5 x50 2 mm

Foto 49 Microfotografía de la muestra 27 a x50

Por demás, los mapeos confirmaron que la capa de pigmento no cuenta con concentraciones de mineral de titanio (Ti), pero si con la presencia de algunas pocas partículas de sodio (Na) en baja proporción (Figura 59). Este elemento que podría estar incluida en la matriz del material colorante, el cual ¿podría ser un indicador de su procedencia costera?, aún no lo podemos determinar.

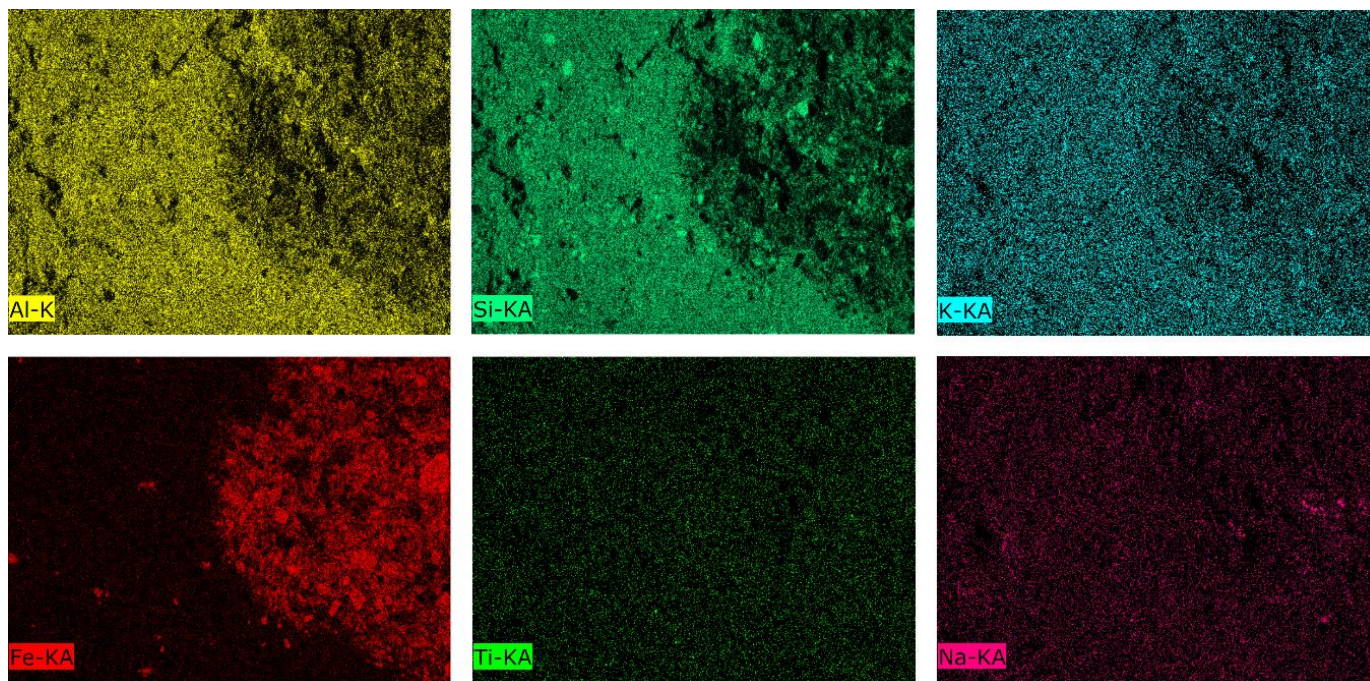


Figura 74. Mapeo SEM/EDS sobre el pigmento y el engobe de la muestra 27, proveniente de la proveedora

Por su parte, los engobes, en su mayoría, fueron elaborados con la misma arcilla utilizada en la fabricación del recipiente. La presencia de óxido de aluminio Al_2O_3 y óxido de silicio SiO_2 en las muestras analizadas puede ser entendida como parte de la mezcla de materiales que, al depurarse mediante el proceso de levigación, permite extraer el sedimento más fino de los materiales colorantes. El resultado de este proceso, al ser aplicado en finas capas, logró la consistencia necesaria para mantenerse fijos en la superficie de los recipientes.

Consideraciones sobre el análisis microestructural del pigmento

Las imágenes captadas permitieron observar, diferenciar y comparar la estructura y el tamaño entre inclusiones de hierro que dan el color rojizo en ambos grupos composicionales. **1)** Las muestras representativas del grupo “a”, mostraron menor tamaño en las inclusiones de mineral de hierro que las del grupo “b”. **2)** La presencia de mineral de titanio (Ti) es casi inexistente en las muestras del GC “b”, lo cual podría indicar modos de preparación diferentes en la receta utilizada para elaborar y fijar el pigmento (Figura 60). **3)** El GC “b” arrojó siempre valores más altos de mineral de hierro que el grupo “a”.

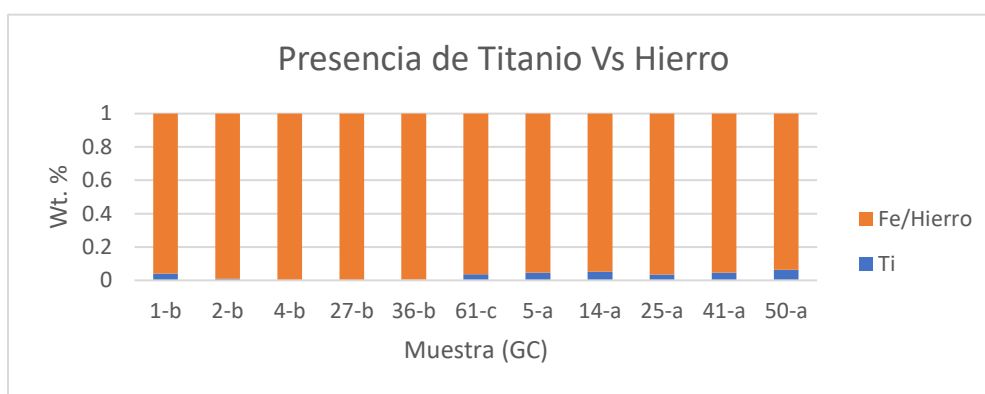


Figura 75. Porcentaje de titanio obtenido por SEM/EDS, en muestras de ambos GC.

Sin embargo, ambos cuentan con concentraciones de óxido de hierro (Fe) superiores al 40 % suficientes para afirmar que se trata de un compuesto mineral tipo hematita. **4)** El grado de cohesión entre dichas partículas, puede indicar el tipo de tratamiento realizado en el momento de extraer y procesar el material colorante para convertirlo en mezcla pictórica, indicando que la elaboración de los pigmentos del GC “a” implicó un proceso de pulverización y posterior disolución, quizá con el fin de optimizar las cantidades del material colorante.

La tabla 8, contiene la concentración elemental o porcentaje de masa (Wt. %) de los elementos químicos presentes en los pigmentos de las muestras diagnósticas correspondientes a cada uno de los 3 grupos composicionales (“a”, “b”, “c”) identificados por medio de la (FRX). En ellas se aprecian las tendencias descritas a lo largo del apartado.

Concentración Elemental (Wt. %)											
Muestra	1	2	4	27	36	61	5	14	25	41	50
Elemento											
C	3.3	-	2.1	-	6.6	-	6.4	-	4.8	4.7	7.4
Na	0.7	1.1	0.2	0.9	0.6	1.2	0.6	1.2	0.6	1.4	1.4
Mg	1.4	2.5	0.6	2.4	2.5	1.3	1.5	6.2	1.1	0.6	1
Al	7.4	5	2.1	6	6	4.6	5.7	4-8	4.7	6.6	5.1
Si	17.2	12	4.1	13	16.5	10.6	22.8	13.5	10.2	16.1	13.6
S	0.1	0.1	-	-	-	-	0.1	0.3	-	-	0.3
K	2.4	2	0.5	1.5	1.2	1.5	1.7	0.9	1.2	1.5	1.4
Ca	1.2	1.3	1.3	1.3	1.7	6.6	2.3	3.4	0.9	1.6	-
Ti	1.1	0.3	-	-	0.1	0.7	0.5	1.2	1.4	1	1.8
Fe	25.9	33	57.8	36.7	24.9	18.7	10.3	22.2	40.3	21.2	27
(GC)	“b”					“c”	“a”				

Tabla 7. Concentración elemental obtenida en pigmentos, por medio de análisis puntual por SEM/EDS, en muestras del GC “a”, “b” y “c”.

Inferencias arqueológicas a partir de los análisis elementales del color. Diferencias tecnológicas en la receta pictórica. ¿Cambios temporales y relaciones espaciales?

El análisis fisicoquímico, permitió corroborar la presencia de algunos elementos diagnósticos, presentes en cada uno de los GC previamente identificados con la FRX. La caracterización química de estos elementos, siguiendo este protocolo exploratorio arrojó resultados que indican la utilización de por lo menos dos posibles fuentes de extracción de materiales colorantes que a su vez fueron procesados de maneras distintas. Los materiales colorantes base para la preparación del color púrpura, característico de la *cerámica Trincheras*, tienen su origen en elementos inorgánicos, compuestos principalmente por óxidos de hierro, en donde se destaca la hematita. El color rojo intenso de esta coloración probablemente fue oscurecido con la mezcla de algunas otras tierras de color y óxidos con alto contenido de manganeso (Mg) y sodio (Na), como lo evidencia el análisis SEM/EDS.

La utilización de dichos materiales pigmentarios, fueron el resultado de una exploración intencional de sus propiedades colorantes, pues sus proporciones sugieren una rigurosa elección, basada en su coloración al natural derivado de altos contenidos de óxido de hierro Fe_2O_3 . La elaboración del color debió incluir una serie de pasos que probablemente iniciaban con la elección de la porción con mayor y/o mejor cantidad de material colorante. Probablemente después requirió un lavado que, ayudara separar la tierra y otras impurezas del material colorante, para luego ser expuesta al sol y al aire hasta completar su secado. Una vez seca la pasta colorante, el material debió someterse a un proceso de molido o pulverizado, el cual lo ayudaría incorporarse como pigmento, después de habersele agregado alguna sustancia a manera de solvente y aglutinante, que puede ser parte de arcilla o alguna resina o sustancia de origen orgánico.

En la mezcla de óxidos y preparación de las tierras de color es donde se deriva la principal diferencia entre ambos tipos de pigmentos identificados a partir de su composición elemental. El recubrimiento pigmentario usado en los fragmentos del GC "a", mayoritario, tiene presencia en todos los sectores estudiados, denotando un uso más extendido y estandarizado, al tener en común altos contenidos de algún compuesto mineral de titanio (Ti) que genera su huella química distintiva, probablemente relacionado con la fuente de extracción. Mientras, los fragmentos del GC "b", más escasos, no presenta titanio (Ti) como elemento distintivo y su preparación está formada por inclusiones de hierro (Fe) en espéculas grandes. Esto sugiere que la preparación, no incluyó pulverización intensiva. Lo anterior puede considerarse como evidencia de la existencia de varias recetas con modos de preparación diferentes, que se afianzaron en el tiempo y que forman parte de la tradición alfarera trincheras.

Los recubrimientos sobre la superficie de las cerámicas logran espesores muy variables que dependen del tipo de recipiente que se desea producir. Existe una gran variedad de grosores en los engobes y los pigmentos. El engobe consiste en un baño delgado de arcilla fina resultante del proceso de levigación, que es más difícil de observar en las piezas y fragmentos, debido al proceso de deterioro que sufren las superficies cerámicas al estar enterradas o al estar expuesta en ambientes con inestables condiciones atmosféricas, por ende, su grosor desaparece en la mayor parte de las piezas y en las que se logra

conservarse, no excede las 10 μm . Mientras los pigmentos cuentan con grosores entre 30 y 80 μm , los cuales también pueden ser estudiados y observados con mayor facilidad en microscopios petrográficos a partir de la ejecución de láminas delgadas (Arenas, Silva et al. 2010, Albero 2011, Sánchez, Briceño et al. 2019).

Los engobes y pigmentos observados en la cerámica *Trincheras* poseen una alta cantidad de mineral de hierro (Fe_2O_3). En el caso del engobe, este mineral fue triturado y posteriormente agregado a una mezcla de agua y arcilla. Sin embargo, los análisis SEM-EDS permitieron observar una alta cantidad de potasio (K) y titanio (Ti) en este recubrimiento, lo cual podría indicar agregados de ceniza como ingrediente extra en el engobe. Esto al momento de la cocción proporciona una coloración rojiza característica sobre la superficie, con tonalidades que van del marrón oscuro al rojo (Capel, Huertas et al. 2006). Al agregar otros materiales como óxidos de titanio (TiO_2), presente en las arcillas calcáreas, se generan reacciones físicas que proveen algunas características termo-resistentes y de porosidad a los engobes; esto, a su vez, puede incidir en el aspecto visual del recipiente.

A partir de la colección cerámica analizada, es posible pensar que el uso de pigmentos en los tres sectores comparte cierto grado de homogeneidad pictórica, producto de un criterio común y compartido en cuanto a la selección del material colorante. La ubicación exacta de los depósitos de tierras rojas ricas en óxido de hierro ayudará a establecer si el uso es compartido entre grupos provenientes de territorios o localidades diferentes y si los yacimientos están ubicados en el paisaje, haciendo parte de un circuito mayor, asociado a los recorridos en búsqueda del aprovechamiento de recursos estacionales.

Este último aspecto, considero que es el más relevante al momento de comprender la tecnología del color, puesto que el alfarero elige sus materiales en busca de un resultado óptico específico, previniendo en principio las propiedades físicas químicas que estos adquieren al momento de la cocción, sino más bien en función de otras virtudes como su apariencia visual.

El tipo cerámico *Trincheras púrpura sobre rojo* cuenta con un engobe distintivo, cuyo su grosor y calidad tuvo una utilidad más que estética, pues su recurrencia y uniformidad en la mayor parte de la colección confirman que este aspecto fue clave en la contención de líquidos, ya que dicho recubrimiento

funciona como sellante reduciendo la permeabilidad e impidiendo que los líquidos se escapen por los poros de las paredes en formas destinadas para tal fin.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN y CONCLUSIÓN

La cerámica decorada, *cronotopo*² de la interacción trinchereña en Bahía Tepoca.

Considerando las vías interpretativas y las herramientas analíticas usadas para responder a la pregunta que orientó esta investigación: Sobre si *¿Existen diferencias técnicas y tecnológicas en la cerámica pintada, producida entre las primeras aldeas sedentarias que frecuentaban la costa central de Sonora durante la fase Atil (200-800 d.C.) ?*, los resultados obtenidos durante las fases análisis superficial, composicional y microestructural efectuado en 61 fragmentos cerámicos decorados, reúnen evidencias suficientes para afirmar que al interior de la tradición alfarera, el tipo conocido como Trincheras púrpura sobre rojo/café documentados en Bahía Tepoca, hacen parte de por los menos dos recetas pictóricas químicamente diferentes entre sí. Dichas recetas se centraron tecnológicamente en la obtención de un mismo rango de tonalidad específica, socialmente aceptada, lograda intencionalmente a partir de la preparación y combinación de materiales colorantes presentes en sedimentos o rocas que forman parte de la matriz geológica del desierto.

Estas recetas son el resultado de tratamientos diferentes, tanto en su procesamiento, como en su aplicación. 1) a nivel superficial la fase II del protocolo implementado, muestra que, en el análisis de los trazos el grosor aproximado de los recubrimientos y la huella dejada al momento de la decoración del recipiente se observan diferencias que se relacionan de manera significativa con los dos grupos composicionales. 2) la mezcla pigmentaria usada en este tipo cerámico, no son iguales: existen dos grupos composicionales de los cuales la variante “especular”, se compone de inclusiones de hierro cuya fase mineral de oxidación le brinda propiedades iridiscentes, producidas tanto por su estructura especular, como por el tamaño de las inclusiones que son superiores a 500 µm micras. Esto sugiere conocimientos técnicos y tecnológicos distintos entre cada uno de los grupos composicionales identificados.

Teniendo en cuenta la pregunta subsecuente formulada en el planteamiento del problema, con respecto a si: *¿La tecnología del color presente en esta cerámica, es útil para entender la relación entre los sitios estudiados?,*

² Concepto propuesto por el crítico literario Mijaíl Bajtín para definir en las historias, un momento narrativo específico, basado en una profunda conexión inseparable entre el espacio y el tiempo.

antes de responderla como tal, es necesario recordar algunos aspectos claves sobre el entendimiento actual referente al surgimiento de la cerámica decorada en el área de estudio, su importancia en las sociedades cazadoras-recolectoras-pescadoras y las categorías clasificatorias con las que son reportadas actualmente en la arqueología regional.

Una preocupación recurrente entre los investigadores en el noroeste/suroeste, es ofrecer una explicación a la aparición de la tecnología alfarera al interior de las sociedades que habitaron el desierto. Durante varias décadas el modelo clásico sobre el surgimiento de la vida sedentaria tuvo gran influencia en dichas explicaciones. La llamada “*Revolución Neolítica*” propuesta hace ya casi un siglo por V. G. Childe para el creciente fértil en Medio Oriente, en donde señalaba como una de las características más notables y necesario dentro del proceso de sedentarización. Primero, la progresiva domesticación de animales y plantas que daría como resultado, un masivo incremento poblacional a raíz de la producción agrícola, provocando agregaciones humanas entorno a dicha actividad y por consiguiente una gradual estabilidad residencial daría origen a innovaciones tecnológicas importantes en la cultura material, como la cerámica.

Esta explicación permeó en el noroeste/suroeste concibiendo en principio que, la adopción de la cerámica es un logro tecnológico utilitario destinado fundamentalmente al almacenamiento y transformación por cocción de los alimentos basado en un patrón de asentamiento sedentario. Sin embargo, Villalobos (2018) añade que, para el periodo Arcaico tardío (1500 a.C. – 500 d.C.) se tienen evidencias de intensificación de actividades agrícolas sin estar ligada directamente a la aparición de cerámica, las cuales, posiblemente surgen en la región entre el 200 a.C. – 200 d.C. Por tal razón es difícil generalizar un patrón de adopción tecnológica en una región tan extensa colmada de poblaciones y trayectorias culturales diferentes (Villalobos 2018).

El viejo modelo sigue implícito en la mayoría de los registros arqueológicos sobre este tema, que coinciden en afirmar que existe algún tipo de relación entre las plantas domésticas y los primeros recipientes cerámicos, debido a que las formas de las primeras vasijas están estrechamente relacionadas con formas y dimensiones similares a las calabazas y otras

especies de la familia de las *Cucurbitáceas* (Heidke and Habicht 1998, Evans and Lail 2015).

Sin embargo, cada vez son más las investigaciones que revelan la presencia de cerámica entre poblaciones nómadas. Por lo tanto, como logro tecnológico y como herramienta utilitaria, su fabricación no fue exclusiva en comunidades fijas como se pensó durante mucho tiempo.

La escala de nuestras interpretaciones se basa en relaciones interregionales entre sitios ubicados en los sitios internos del desierto y la costa. El estudio de tres sectores ubicados entre la costa y los valles aluviales tierra adentro, es abordada desde materiales que se encuentran adentro la fase Atil (200-800 d.C.). Dicha fase es un periodo comprendido entre la aparición de la cerámica decorada y la posterior aparición de otros tipos cerámicos con otra manufactura y sin decoración (Seri). La fase Atil (200-800 d.C.) abarca más de 500 años y cuanta con una considerable dispersión territorial. Sin embargo, en este periodo cronocultural, quedan por resolver vacíos relacionados con la estandarización regional en la tecnología alfarera y pictórica evidenciadas en los diferentes tipos cerámicos asignados en cada uno de los momentos de la historia cultural trincheras.

Sobra decir que la descripción de formas, dimensiones y diseños en área cultural trincheras ha pasado por varios momentos, los cuales se han ido enriqueciendo a partir del descubrimiento y caracterización de nuevos sitios, ampliando así, colecciones cerámicas en ambos lados de la frontera. Por ende, nos encontramos frente a un universo de posibilidades en donde se expresa la invención tecnológica de múltiples maneras. Sin embargo, aún no son claros los motivos puntuales para la adopción de recipientes cerámicos utilitarios y su decoración. Aun nos es difícil establecer con claridad el momento preciso de su adopción en el desierto y esclarecer si su uso estaba restringido de alguna manera, por la movilidad y las actividades de sus usuarios.

Para entender esta relación a través del tiempo, la arqueología a refinado procedimientos para abordar los restos de la antigüedad y obtener de ellos, indicios sobre las prácticas sociales, políticas, culinarias, de parentesco e incluso ideológicos y lingüísticas. Abordar cada uno de estos aspectos requiere conocimientos teóricos y técnicos específicos. En el caso de esta investigación,

se tomó el análisis químico elemental de los pigmentos, evaluando las características en la técnica de ejecución observables en los fragmentos de cerámica decorada, con el fin de realizar algunas inferencias sobre aspectos tecnológicos compartidos al interior la muestra seleccionada, a fin de comprender la interacción entre sitios costeros y las dinámicas ocurridas al interior del desierto sonorense.

Un ejemplo con respecto a dicha preocupación se viene realizando a partir de estudios arqueométricos por activación neutrónica, termoluminiscencia y análisis petrográficos en láminas delgadas. Jelmer W. Eerkens y su equipo de coautores (2002) generaron un cuerpo de datos que dan sustento a sus interpretaciones sobre las formas tempranas de interacción social por medio de la distinción entre las tecnologías cerámicas usadas en la gran cuenca del suroeste de EEUU.

Sus hallazgos indican que, de los sitios de agricultura temprana, el 80% de los fragmentos fueron elaborados con arcillas locales, por lo general la escala de producción es pequeña a nivel individual o familiar, y se ocupa exclusivamente en usos de carácter doméstico (Eerkens, Neff et al. 2002). Sin embargo, el análisis químico elemental sirvió para establecer algunas características en torno a su procedencia, la cual estilísticamente hubiese sido muy difícil y subjetiva de identificar. Todo parece indicar que las trayectorias de adopción de tecnologías se ejecutan de manera diferencial y su explicación debe ser contextual, más que una generalidad absoluta. De ahí la necesidad de seguir analizando estas tendencias de manera regional, ahora en contextos costeros y en diferentes escalas de análisis.

Al respecto Eerkens (2014) también advierte que la identificación de sitios con evidencia de movilidad logística, se está realizando con éxito en casos donde se busca entender, la tecnología lítica asociada al procesamiento de semillas en el Suroeste de E.U (Jelmer W. Eerkens & Lipo, 2014, p. 27), y otros sitios cuyos contextos arqueológicos están ubicados en lugares del paisaje que permiten almacenar y/o esconder recipientes con formas determinadas, los cuales comúnmente se tratan de aquellos utilizados en el procesamiento de una pequeña gama de recursos específicos consumidos en una sola época del año. Este tipo de lugares son similares a los identificados en los sectores costeros de

bahía Tepoca, donde es posible que distintos grupos humanos acordaban volver intencionalmente a ciertos lugares y en épocas específicas del año.

Por lo tanto, existía la intencionalidad de resguardar estos recipientes hasta el retorno en la siguiente temporada (Jelmer W Eerkens, 2003, p. 733). En este sentido, la recurrencia en el hallazgo de cierto tipo de cerámica decorada con pigmentos específicos, como los identificados en esta investigación, pueden hacer las veces de marcadores territoriales intencionalmente creado para estos fines.

En este tema, también existe una amplia bibliografía que aborda este campo de análisis desde diferentes perspectivas. Algunos autores (Arnold, 2000; Tite, 2008) consideran que el intercambio recurrente de información, creencias e ideas generadas de manera simétrica e independiente son una característica necesaria para entender los grados de interacción a pequeña escala; pero, sobre todo, la elaboración y consumo de bienes materiales, funcionan para afianzar lazos entre diferentes grupos. Estos juegan un rol fundamental en la consolidación de estructuras de organización social.

Siguiendo los preceptos teóricos mencionados en el capítulo uno, sobre el enfoque que brinda el estudio de las *elecciones tecnológicas* al interior de la *cadena operativa*, sabemos que las practicas tecnológicas son un proceso largo que se consolida en el tiempo, después de ejercer una serie de experimentaciones con distintos materiales. Involucrando procedimientos manufactureros específicos y heredados que buscan beneficios, no solo de carácter funcional y estético, sino también de orden identitario y grupal.

Las similitudes macroscópicas en los diseños, texturales en la pasta y técnicos en los acabos tanto internos como externos en los fragmentos analizados, son entendidos como el producto de una misma tradición alfarera denominada arqueológicamente como *Trincheras*. Entendemos la tradición, como un conjunto de conocimientos y comportamientos culturalmente compartidos. Aunque no desconocemos que estos, podrían ser fruto de distintos niveles de interacción social, que no necesariamente corresponden con límites reconocidos entre grupos que coexisten en un mismo territorio.

En nuestro caso, las o los alfareros que habitaron durante la fase Atil, son poseedores de un conocimiento que se fue modificando en función de las cambiantes dinámicas que trae consigo un paulatino incremento de núcleos poblacionales y la adquisición de nuevas prácticas derivadas de la progresiva sedentarización. Dichos conocimientos, sufrieron cambios en el tiempo. Por lo tanto, creemos que la caracterización de estas particularidades ayudara a acércanos más a cuestiones relacionadas con la trasmisión de conocimiento e innovación tecnológica.

Como lo he expuesto a lo largo de esta investigación, una alternativa posible para asociar los fragmentos cerámicos, con una dinámica tecnológica particular, es a partir del estudio de la huella química de la materialidad que la compone. En este sentido, la comparación regional de varios fragmentos nos brindó la posibilidad de establecer similitudes y diferencias en cuanto a su composición elemental. La existencia de tendencias al interior de la muestra analizada en este estudio logró indicar la utilización de varias recetas pictóricas compartidas a nivel regional, hipotéticamente correspondientes a dos momentos diferentes en el tiempo. O bien, al aprovechamiento de una misma fuente de materiales colorantes, usada sostenidamente en el tiempo en la región de la costa central.

La realización de análisis no invasivos ni destructivos por Fluorescencia de Rayos X (FRX) y microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS) fue exitosa al permitir reconocer en la estructura química elemental de los pigmentos y engobes, algunas diferencias y asociar similitudes entre las muestras estudiadas. Aspectos que señalan algunos elementos potencialmente diagnósticos de la procedencia del material colorante utilizado para la producción del pigmento púrpura. Es de notar la existencia de características estilísticas en la cerámica TPR que dan cuenta de algunas diferencias en el uso de fuentes de materia prima y técnicas en la elaboración de formas específicas (tecomates y cuencos).

En recubrimientos pictóricos, los datos espectrales obtenidos por FRX y el posterior análisis estadístico de dichos valores elementales detectados. Señalaron la existencia de dos (2) grupos composicionales GC diferentes, los cuales agrupan las muestras a partir de las diferencias entre los valores de titanio

(Ti) y aluminio (Al) representativos en el análisis de componentes principales. Las tendencias muestran la existencia del GC “a” focalizado mayoritariamente en las muestras recuperadas del sector Tanques.

La microscopía electrónica SEM-EDS, permitió diferenciar las densidades en la concentración de elementos químicos que integran las capas pictóricas en muestras diagnósticas tomadas de cada uno de los grupos composicionales previamente identificados por medio de la FRX. La generación de mapeos elementales por SEM/EDS permitió observar que el pigmento del GC “a” cuenta con una mayor presencia de hierro (Fe) con algunos agregados de otros minerales compuesto por elementos como el manganeso (Mn), aluminio (Al) y titanio (Ti), mientras que en los 6 casos estudiados el engobe al parecer está formado por aluminosilicatos ricos en (Fe), silicio (Si) y bajos en (Mn). Estos rasgos composicionales se comparten en las muestras costeros del grupo “a” y su relación es más fuerte entre sí, que con los del sitio Proveedora.

Por su parte el GC “b” de pigmentos de hematita especular, conformado por fragmentos procedentes de los sectores Proveedora y Paredones, presenta características particulares al interior de la muestra. Los análisis de SEM-FRX demuestran que los recubrimientos pictóricos de estas doce (12) muestras, son muy similares entre sí, en cuanto a su composición química.

Este grupo composicional (GC) “b”, tienen propiedades especulares y su color y aspecto es evidentemente diferente al resto. Al tratarse de escasos fragmentos con esta característica óptica iridiscente, podemos arriesgarnos a pensar en principio, que las relaciones entre estos dos sectores podrían corresponder a un momento más temprano el tiempo. Es decir, la baja cantidad de cerámica correspondiente a este GC “b”, da cuenta de una práctica tecnológica específica relacionada con la obtención de un material colorante específico, ejercida durante un primer momento en el área de estudio. Esto ha servido para inferir relaciones directas entre ambos sectores. Respondiendo con esto, a la segunda pregunta planteada durante la investigación.

Así pues, la evidencia recabada sugiere que las tendencias posiblemente corresponden a dos momentos de ocupación en donde se utilizaba cerámica elaborada con una receta que incluía “hematita especular”. Representa un mismo grupo cultural que habitó el territorio durante largo tiempo y utilizó constantemente, una misma fuente de materiales colorantes para la elaboración

sostenida de recipientes que probablemente guardaban los mismos cánones en cuanto a forma y decoración.

A fin de proponer una explicación sobre la diversidad de recetas pictóricas presentas en las cerámicas Trincheras púrpura sobre Rojo es necesario entender las singularidades de los contextos de uso. Es decir, todos aquellos puntos de recolección de cerámica deben observarse comparativamente, considerando tanto la evidencia arqueológica, su ubicación en el paisaje y su proximidad entre sí.

Muchos de los sitios costeros, generalmente están asociamos la circulación estacional de personas dentro de un territorio, en función de la adquisición de beneficios directos y tangibles como la explotación y consumo de recursos o bienes suntuarios que son traducidos en prestigio o estatus. Sin embargo, es necesaria la humanización de los flujos de población, entendiendo que la dispersión de materiales puede corresponder a eventos de contingencia, no planeados y que la agencia de los objetos llega a tener múltiples dimensiones. En este sentido, la información contenida en la materialidad de las cosas es clave para individualizar no solo a los grupos humanos que comparten un mismo lenguaje cultural, sino también, aquellos segmentos que guardan un saber específico. En este caso, las alfareras de la costa central.

Al respecto, considero necesario agregar algunas interesantes reflexiones de John Chapman y Bisserka Gaydarska (2007) sobre, los contextos de *fragmentación en arqueología*. Ellos señalan que la importancia del enfoque propuesto por la metodología de la *chaîne opératoire*, no se ha explotado al máximo. Sugieren que el ejercicio tipológico de clasificación en las acumulaciones de cerámica debería dejar de tratarse entre de una mezcla mal usada entre arqueología tradicional y descripciones tediosas de cultura material (Chapman & Gaydarska, 2007, p. 84) para entrar a entender las múltiples dimensiones contextuales que cuentan las acumulaciones cerámicas. Dichas acumulaciones de cerámica por lo general se interpretan como fragmentos "accidentales" y no como fragmentos "deliberados". La diferencia radica en el propósito de cada una.

En nuestro caso, varios investigadores (Bowen, 1993; Villalobos A, 2018; Villalpando & McGuire, 2017) concuerdan en afirmar que las sociedades que

desarrollaron esta forma de expresión pictórica sobre la cerámica trincheras practicaron una agricultura a pequeña escala, ejercieron intercambio regional de objetos elaborados en concha marina y establecieron nucleaciones poblacionales duraderas en el tiempo tierra adentro. Asimismo, realizaron un aprovechamiento estacional de recursos marinos, recolecciones de frutos y nichos de cacería establecidos dentro de un amplio territorio geográfico con condiciones ecológicas típicas del gran desierto sonorense

Chapman y Gaydarska (2007) son enfáticos en incitar una observación diferente sobre el significado de estos lugares de acumulación de cerámica, basada en el potencial práctico y simbólico de las cosas rotas. El hallazgo de acumulaciones de cerámica puede contener más que la evidencia de una actividad puramente utilitaria. La noción de "fragmentación deliberada" permite considerar, por ejemplo, la marcación de lugares por medio de la acumulación de desechos procedentes de un lugar o por un grupo social específico, lo cual permitiría la identificación de ese lugar por parte de otros integrantes de su grupo, como parte de un lenguaje culturalmente compartido. Esto ha sido una apreciación históricamente desarrollada por distintas sociedades en el mundo, la cual ha sido observada etnográficamente y comprobada arqueológicamente en distintos lugares de la región (Chapman & Gaydarska, 2007, pp. 82-88).

Los contextos arqueológicos documentados en la costa central, muestra una alta presencia de materiales arqueológicos reutilizados. Destaca los fragmentos de cerámica con horadación en el centro y redondeados por pulido. Esto hace pensar sobre el significado de la reutilización post- fragmentación de tiestos que encarnarían una historicidad después de su ruptura. Pese a la alta concentración de materiales arqueológicos en algunos lugares específicos, se acepta la idea según la cual, esta evidencia no corresponde a asentamientos permanentes y, por el contrario, su existencia sugiere actividades a pequeña escala generadas por grupos de pescadores-cazadores diferentes durante, quizá, cientos de generaciones. Estos grupos buscan fundamentalmente en las costas, aprovisionarse estacionariamente de una variedad de moluscos y otras especies marinas.

Basándose en informaciones etnográficas, etnohistóricas y arqueológicas, Eerkens (2002) menciona la existencia de algunas

particularidades en cuanto a los tipos de movilidad entre las poblaciones del desierto que podrían explicar la dispersión del material en las costas de Bahía Tepoca. Una de ellas es la “*movilidad logística*”, la cual tiene que ver con la necesidad de trasladarse a lugares puntuales que revisten una importancia para la obtención de recursos específicos. Por lo general, en dichas poblaciones este tipo de movilidad se asocia a migraciones estacionales, realizadas por una parte de la comunidad en épocas específicas del año. Este tipo de movimientos podría dar lugar al transporte de objetos previamente elaborados que, al desempeñar su vida útil, podrían ser desechados lejos del lugar de su elaboración.

Cabe mencionar que la mayoría de los sitios más representativos identificados a lo largo de la costa de Bahía Tepoca, podrían corresponder a materiales dejados durante movimientos poblacionales de carácter estacional como los que se mencionan en otros lugares de la macro región.

Si observamos el comportamiento químico de la cerámica del sector Tanques, en los pigmentos del GC “a”, diera la impresión de que la producción de estos estuviera fija solo en este sector. Sin embargo, es curioso observar que las huellas químicas encontradas en el recubrimiento púrpura de las cinco muestras de control perteneciente al tipo policromo muestran claramente que estas, hacen parte del GC “a”. Creemos que esto ayuda a soportar la idea según la cual, esta tecnología pictórica se consolidó y masificó en algún momento tardío de la fase Atil.

Aunado a lo anterior, la mayoría de las muestras recuperadas en los sitios costeros (Paredones y Tanques), pertenecen al GC “a”. Su huella química es muy similar entre sí, sugiriendo una forma común de preparar el pigmento. Eso podría ser el resultado de varias dinámicas de movilidad, ligadas a la ocupación esporádica de sitios costeros. Entre ellas, el patrón de desecho perteneciente a un mismo grupo cultural que transportaba la cerámica ya elaborada desde su lugar de residencia más estable. Si a futuro se logran establecer nexos entre la procedencia de los materiales colorantes cerca del sector Tanques; se puede contemplar la posibilidad de que la gente se reuniera a pintar los recipientes en estos sitios costeros al norte de bahía Tepoca y después, dichos recipientes pintados o los materiales colorantes en bruto, se dispersaban por el resto de los sitios en dirección este y sur.

La receta de pigmentación “especular”, representada en el GC “b” que se comparte entre sectores Paredones y Provedora sugiere eventos de contacto directo entre los dos sitios. Esto podría considerarse como un importante marcador temporal y estilístico al interior de la misma tipología cerámica.

Dichos vínculos pueden estar asociados al interés no solo de adquirir recursos específicos, sino también al encontrar en las costas del sector Paredones, el lugar donde se materializan otros aspectos de su universo cultural que involucran, por ejemplo, los efectos que tienen cambios estacionales, en el aprovisionamiento de recursos del mar.

Sin embargo, postular un patrón estilístico o una técnica de manufactura, como criterio de clasificación crono-cultural, tiene sus riesgos. Evaluar esta posibilidad requiere un fundamento teórico y metodológico que sustente su futuro planteamiento, investigación y posterior aprobación dentro los parámetros de una tipología ya establecida previamente por otros investigadores. Para conseguirlo, es ideal abordar los materiales desde una óptima operativa, que incluya una batería de análisis complementaria por varias técnicas que, aplicadas sistemáticamente en el estudio de muestras representativas de sitios y contextos específicos, enriquezca paulatinamente la discusión aquí planteada.

Teniendo en cuenta que algunos autores han sugerido niveles relativamente altos de movilidad en grupos del noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos (William H 1980, Eerkens, Neff et al. 2002, Eiselt, Popelka-Filcoff et al. 2011, Claypatch 2018), es posible considerar que la gente de diferentes zonas, que comparten el mismo conocimiento cultural sobre la elaboración de recetas pictóricas, interactuaran con fuentes del material colorante adyacentes entre sí. La interacción pudo generarse a partir de la distribución de recipientes ya elaborados, que eran transportados con diversos propósitos hasta los lugares de consumo (costa) o bien; la materia primar era directamente extraída de fuentes cercanas y distribuida a otros sitios por un grupo de personas conocedoras de sus usos y propiedades, quienes trasportaba el material colorante, como parte de los insumos necesarios para desarrollar actividades como la alfarería.

Esta investigación aportó datos concretos sobre la naturaleza de estos materiales colorantes que permitió identificar la relación existente entre diferentes asentamientos ubicados en los tres sectores de estudio, por medio de

la comparación entre las huellas químicas presenten es los pigmentos. Este aspecto será útil al momento de distinguir entre la continuidad de diseños sobre ciertas formas cerámicas y la utilización de pigmentos locales y foráneos. Los resultados sugieren la existencia de relaciones intrínsecas entre, los saberes especializados y la formación de procesos de integración social a nivel regional, mediados quizá, por valores culturales que involucran la materialidad, el paisaje y la agencia de los objetos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abboud, R. (2016). Characterization of the pigments of Siceliot pottery decoration: the case of Centuripe ceramics, Universidade de Évora.

Abboud, R. (2016). Characterization of the pigments of Siceliot pottery decoration: the case of Centuripe ceramics. Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Roma-Italia, Universidad de Roma La Sapienza. **Master**.

Abrego, A., et al. (2016). Excavación de la Unidad 2016. Proyecto La Playa (SON:F:10:3): Informe 2015-2016. E. Villalpando, J. Carpenter and J. Wartson. Hermosillo, Centro INAH Sonora: 32-63.

Adams, F., et al. (1998). "Microscopic X-ray fluorescence analysis and related methods with laboratory and synchrotron radiation sources." Journal of Analytical Atomic Spectrometry **13**(5): 319-331.

Albero, D. (2011). Caracterización tecnológica, social y adaptación funcional de cerámicas prehistóricas del oeste y sureste de Mallorca (1750-50 bc): aproximación sincrónica y diacrónica a partir del estudio arqueométrico de pastas. Prehistoria y Arqueología. sin publicar, Universidad de Granada. **Tesis Doctoral**.

Albero, D. (2011). Caracterización tecnológica, social y adaptación funcional de cerámicas prehistóricas del oeste y sureste de Mallorca (1750-50 bc): aproximación sincrónica y diacrónica a partir del estudio arqueométrico de pastas, Universidad de Granada.

Albero, D. (2014). Materiality, Techniques and Society in Pottery Production. The Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis. Berlin, De Gruyter Open.

Alonso, J. (2016). Taller sobre el color y su medición Madrid, Escuela Técnica de Ingenieros Industriales

Álvarez, C. (2012). "Los pigmentos en la prehistoria: Proyecto de experimentación térmica con óxidos e hidróxidos de hierro." Boletín de Arqueología Experimental **9**: 25-42.

Angeli, L., et al. (2018). "Analysis of Serra d'Alto figuline pottery (Matera, Italy): Characterization of the dark decorations using XRF." Microchemical Journal **137**: 174-180.

Arenas, J., et al. (2010). "Advantages and limitations of OM, SEM, TEM and AFM in the study of ancient decorated pottery." Applied Physics A **98**(3): 617-624.

Arnold, D. E. (1998). "Andean ceramic technology: An ethnoarchaeological perspective." MASCA Research Papers in Science and Archaeology **15**: 353-367.

Arnold, P. J. (1991). "Dimensional standardization and production scale in Mesoamerican ceramics." Latin American Antiquity **2**(4): 363-370.

Artioli, G. and I. Angelini (2010). Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science, Oxford University Press.

Audouin, F. and H. Plisson (1982). "Les ocres et leurs témoins au Paléolithique en France: enquête et expériences sur leur validité archéologique." Cahiers du Centre de recherches préhistoriques **8**: 33-80.

Ávila, F. (2011). "Arqueología Policroma: El uso y la elección del color en expresiones plásticas." Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino **16**: 75-88.

Babcock, B. and N. Parezo (1988). Daughters of the desert: women anthropologists and the native American Southwest, 1880-1980: an illustrated catalogue, University of New Mexico Press.

Barba, P. L., et al. (2014). "Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en Mesoamérica." Anales de Antropología **48**(I): 201-239.

Baxter, M. (2015). Notes on Quantitative Archaeology and R.

Baxter, M. and C. Buck (2000). "Data handling and statistical analysis." Chemical Analysis-New York-Interscience Then John Wiley: 681-746.

Baxter, M. J. (1994). Exploratory multivariate analysis in archaeology, Edinburgh University Press.

Baxter, M. J. and C. E. Buck (2000). "Data handling and statistical analysis." CHEMICAL ANALYSIS-NEW YORK-INTERSCIENCE THEN JOHN WILEY-: 681-746.

Beaumont, P. (1973). "The ancient pigment mines of Southern Africa." South African Journal of Science **69**: 140-146.

Bersani, D. and P. Lottici (2016). "Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry." Journal of Raman Spectroscopy **47**(5): 499-530.

Binford, L. (1980). "Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation." American Antiquity **45**(1): 4-20.

Blasco, E. (2016). Los colores de lo sagrado en el arte de los antiguos mayas.pdf. IV CONGRESO INTERNACIONAL ARTES EN CRUCE.

Bourdieu, P. (2007). Estructuras, habitus, prácticas. El sentido práctico. Buenos Aires, Siglo XXI 85-106.

Bowen, T. (1972). A Survey and Re-evaluation of the Trincheras Culture, Sonora, Mexico. Manuscript on file. Tucson, Arizona State Museum.

Bowen, T. (1976). Seri prehistory: The archaeology of the central coast of Sonora, Mexico, University of Arizona Press (Tucson, AZ).

Bowen, T. (1976a). Esquema de la historia de la Cultura Trincheras. Sonora: Antropología del Desierto. B. Braniff and R. Felger. México, INAH-SEP. **27**: 267-279.

Bowen, T. (1993). Esquema de la historia de la cultura Trincheras. Sonora: Antropología del desierto B. Braniff C and R. Felger S. Hermosillo, Sonora, Centro INAH Sonora. **20 Aniversario**: 179–185.

Bowen, T. (2005). "A historic Seri site on Isla San Lorenzo." Kiva **70**(4): 399-412.

Braniff, B. (1985). La frontera protohistórica Pima-Opata en Sonora México, UNAM. **Tesis Doctorado**.

Braniff, B. (1992). La Frontera Protohistórica Pima-Opata en Sonora, México. Propositiones arqueológicas preliminares. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Burton, J. H. and A. W. Simon (1996). "A pot is not a rock: a reply to Neff, Glascock, Bishop, and Blackman." American Antiquity **61**(2): 405-413.

Buxeda i Garrigós, J., et al. (2003). "Chemical variability in clays and pottery from a traditional cooking pot production village: testing assumptions in Pereruela." Archaeometry **45**(1): 1-17.

Caneva, C. and M. Ferretti (2000). XRF spectrometers for non-destructive investigations in art and archaeology: the cost of portability. The 15th International Conference on Nondestructive Testing, Roma (Italy).

Cantin, N. and A. Mayor (2017). "Ethno-archaeometry in eastern Senegal: The connections between raw materials and finished ceramic products." Journal of Archaeological Science: Reports.

Capel, J., et al. (2006). "Red ochre decorations in Spanish Neolithic ceramics: a mineralogical and technological study." Journal of Archaeological Science **33**(8): 1157-1166.

Carlson, D. L. (2017). Quantitative Methods in Archaeology Using R, Cambridge University Press.

Carpenter, J. and G. Sanchez (2012). 4000 años de Cultivo: la llegada del maíz y los inicios de la agricultura prehispánica en Sonora XXV Simposio de Historia "Alimentación y Desarrollo en el Noroeste de México. Perfil y Carácter". Hermosillo, Sonora.

Carpenter, J., et al. (2018). The Archaic Period in Sonora. The archaic Southwest: foragers in an arid land. V. J. Bradley. Salt Lake City, The University of Utah Press: 98-118.

Carpenter, J., et al. (2003). "Sonora precerámica: del arcaico y del surgimiento de aldeas agrícolas." Arqueología **29**: 5-29.

Carpenter, J., et al. (2015). "The La Playa Archaeological Project: binational interdisciplinary research on long-term human adaptation in the Sonoran Desert." Journal of the Southwest: 213-264.

Carpenter, J., et al. (2015). "The La Playa Archaeological Project: binational interdisciplinary research on long-term human adaptation in the Sonoran Desert." Journal of the Southwest **57**(2): 213-264.

Carpenter, J., et al. (2012). Proyecto La Playa. Memoria 2007-2012. México, Coordinación Nacional de Arqueología INAH. **edición digital**: 540-548.

Carranco, E. R. (1988). "Génesis de la Formación Proveedora (Cámbrico Inferior) del área de Caborca, Sonora noroccidental." Revista mexicana de ciencias geológicas **7**(2): 163-167.

Centeno, S. A., et al. (2012). "Characterization of surface decorations in Prehispanic archaeological ceramics by Raman spectroscopy, FTIR, XRD and XRF." Vibrational Spectroscopy **58**: 119-124.

Centeno, S. A., et al. (2012). "Characterization of surface decorations in Prehispanic archaeological ceramics by Raman spectroscopy, FTIR, XRD and XRF." Vibrational Spectroscopy **58**: 119-124.

Claypatch, H. M. (2018). Indigenous pottery from Sonora, Mexico: Examining Typologies and Spatial Distribution State University of New York at Binghamton. **Graduate Dissertations and Theses**.

Claypatch, H. M. (2018). Indigenous Pottery from Sonora, Mexico: Examining Typologies and Spatial Distribution, State University of New York at Binghamton.

Cornell, R. and U. Schwertmann (2003). The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses Weinheim, John Wiley & Sons.

Cortell, A. (2016). "El ocre en la Prehistoria: entre la funcionalidad y el simbolismo." Archivo de Prehistoria Levantina **31**(Valencia): 187-211

Cortell Nicolau, A. (2016). "El ocre en la Prehistoria: entre la funcionalidad y el simbolismo." Archivo de Prehistoria Levantina **31**(Valencia - España): 187-211.

Cruz, T., et al. (2018). "Pleistocene paleosols associated with megafauna in Northwestern Mexico: Paleoecological inferences." Spanish Journal of Soil Science **8**(2).

Chapman, J. and B. Gaydarska (2007). Parts and wholes : fragmentation in prehistoric context. Oxford, Oxbow Books.

Chiykowski, T. (2016). Gendered Movement and Changing Ceramics at Cerro de Trincheras, Sonora, Mexico. Department of Anthropology. -sin publicar-, Binghamton University. **Doctoral dissertation**.

Chiykowski, T. (2017). Technologies of Style and Captives: Implications for the Production of Ceramics in Sonora, Mexico. Trading Spaces The Archaeology of Interaction, Migration, and Exchange. M. Patton and J. Manion. Alberta, The University of Calgary: 19-31.

Chiykowski, T. M. (2016). Gendered movement and changing ceramics at Cerro de Trincheras, Sonora, Mexico, State University of New York at Binghamton.

Dobres, M. A. and H. C (1999). Introduction: Acontext for the Present and Future of Technology Studies. The Social Dynamics of the Technology. Practice, Politics and World view. M. A. Dobres and C. Hoffmans. Washington D.C, Smithsonian Institution Press: 1-22.

Drennan, R. D. (2009). Statistics for Archaeologists. A Commonsense Approach. London New York, Springer.

Duff, A., et al. (2017). Minerals. The Oxford Handbook of Southwest Archaeology. B. Mills and S. Fowles. New York, Oxford University Press: 767-785.

Dupey, E. (2004). "Lenguaje y color en la cosmovisión de los antiguos nahuas." Ciencias **74**(abril-junio): 20-31.

Eerkens, J. W. (2003). "Residential Mobility and Pottery Use in the Western Great Basin." Current Anthropology **44**(5): 728-738.

Eerkens, J. W., et al. (2002). "Ceramic production among small-scale and mobile hunters and gatherers: A case study from the Southwestern Great Basin." Journal of Anthropological Archaeology **21**(2): 200-229.

Eiselt, B. S., et al. (2011). "Hematite sources and archaeological ochres from Hohokam and O'odham sites in central Arizona: an experiment in type identification and characterization." Journal of Archaeological Science **38**(11): 3019-3028.

Ejarque, Á. (2017). Color y Tratamientos Mortuorios. Estudio Arqueométrico, Ritual y Cultural de Materias Colorantes Procedentes de tres Contextos Funerarios Teotihuacanos: La Ventilla, Teopanazgo y el Barrio Oaxaqueño. Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México. **Estudios Mesoamericanos**.

Evans, V. R. and W. K. Lail (2015). "The Representation of Plants in Hohokam Pottery Design." Kiva **81**(3-4): 247-263.

Felger, R. and M. Mary (1991). People of the Desert and Sea Ethnobotany of the Seri Indians. Tucson, Arizona, The University of Arizona Press.

Feller, R. L. (1986). Artist's pigments: a handbook of their history and characteristics. Vol. 1.

Ferguson, J. R., et al. (2015). "Rapid qualitative compositional analysis of ceramic paints." Journal of Archaeological Science Reports **3**: 321-327.

Florescano, E. (2019). Imagen del cuerpo en Mesoamérica (5510 aC-1521 dC). Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.

Frère, M. (2016). "Tecnología cerámica de los cazadores recolectores pescadores de la microrregión del Río Salado, Provincia de Buenos Aires." Arqueología **22**(2): 421-423.

Frère, M., et al. (2016). "Empleo de colorantes en coberturas de fragmentos de alfarería del río Salado bonaerense." Intersecciones en Antropología **XVII**(3): 45-55.

Frison, G., et al. (2018). "Further Insights into Paleoindian use of the Powars II Red Ocher Quarry (48PL330), Wyoming." American Antiquity **83**: 485-504.

Gallaga, E. (1997). Análisis de la Cerámica Policroma del Sitio Cerro de Trincheras, Sonora, México. México, Escuela Nacional de Antropología e Historia. **Licenciatura en Arqueología**.

Gallaga, E. (2004). Spatial Distribution Analysis of Shell and Polychrome Ceramics at the Cerro de Trincheras Site, Sonora, Mexico. Surveying the Archaeology of Northwest Mexico. N. Gillian E and E. Gallaga. Salt Lake City, University of Utah Press.

Gallaga, E. (2011). Tepalcates Trinchereños: The Ceramic Analysis from Cerro de Trincheras. Excavations at Cerro de Trincheras, Sonora, México. R. McGuire and E. Villalpando. Tucson, Arizona State Museum: 93-109.

Gialanella, S., et al. (2011). "Artificial or natural origin of hematite-based red pigments in archaeological contexts: the case of Riparo Dalmeri (Trento, Italy)." Archaeometry **53**(5): 950-962.

Gladwin, W. and H. S. Gladwin (1929). The Red-on-buff Culture of the Gila Basin. Gila Pueblo, Globe, Arizona, Medallion Papers.

Glascook, M. D. (1992). "Characterization of archaeological ceramics at MURR by neutron activation analysis and multivariate statistics." Chemical characterization of ceramic pastes in archaeology **7**: 11e26.

Glascook, M. D. (2011). Comparison and Contrast Between XRF and NAA: Used for Characterization of Obsidian Sources in Central Mexico. X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. M. S. Shackley. New York, Springer: 161-192.

Glascook, M. D., et al. (2004). "Instrumental neutron activation analysis and multivariate statistics for pottery provenance." Hyperfine Interactions **154**(1-4): 95-105.

Golitko, M., et al. (2012). "Identification of Post-Depositional Chemical Alteration of Ceramics from the North Coast of Papua New Guinea (Sanduan Province) by Time-Of-Flight–Laser Ablation–Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry (TOF–LA–ICP–MS)." Archaeometry **54**(1): 80-100.

Gomez, M. (1987). Caracterización de Cerámicas Arqueológicas de la Provincia de Alicante por aplicación de Análisis Estadístico Multivalente a los Datos de Composición Química. Ingeniería Química Alicante-España, Universidad de Alicante. **Doctorado**.

Goodby, R. G. (1998). Technological patterning and social boundaries: ceramic variability in southern New England, AD 1000–1675. The archaeology of social boundaries. S. Miriam. Washington, D.C, Smithsonian Institution Press: 161, 182.

Gosden, C. (2005). "What Do Objects Want?" Journal of Archaeological Method and Theory **12**(3): 193-211.

Gosselain, O. and S. Livingstone (2005). The source clay selection and processing practices in Sub-Saharan Africa. Pottery manufacturing process: reconstitution and interpretation. A. L. Smith, D. Bosquet and R. Martineau. Oxford, Arqueopress BAR International Series 1359: 33-47.

Gosselain, O. P. (1992). "Technology and Style: Potters and Pottery Among Bafia of Cameroon." Man **27**(3): 559-586.

Gosselain, O. P. (2008). Mother Bella was not a Bella. Cultural Transmission and Material Culture. B. J. B. y. L. H. M.T Stark. Tucson, The University of Arizona Press: 152-161.

Güeto, J. M. (2005). Tecnología de los materiales cerámicos. Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

Hall, M. (2017). X-Ray Fluorescence-Energy Dispersive (ED-XRF) and Wavelength Dispersive (WD-XRF) Spectrometry. The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. A. Hunt. Oxford, Oxford University Press: 342-362.

- Hawley, F. M. (1929). "Prehistoric pottery pigments in the Southwest." American Anthropologist **31**(4): 731-754.
- Hawley, F. M. (1930). "Prehistoric pottery and culture relations in the middle Gila." American Anthropologist **32**(3): 522-536.
- Hegmon, M. (1998). Technology, style, and social practice: Archaeological approaches. The archaeology of social boundaries. M. Stark. Washington D.C, Smithsonian University Press.: 264-279.
- Hegmon, M. and S. Kulow (2005). "Painting as agency, style as structure: innovations in Mimbres pottery designs from Southwest New Mexico." Journal of Archaeological Method and Theory **12**(4): 313-334.
- Heidke, J. M. (1993). Early Ceramic Period pottery from Locus 2," Archaeological Testing of the Pima Community College Desert Vista Campus Property: The Valencia North Project. Technical Report. B. B. Huckell. Tucson, Center for Desert Archaeology. **92-13**: 101-111.
- Heidke, J. M. and J. A. Habicht (1998). "The First Occurrences and Early Distribution of Pottery in the North American Southwest." Revista de Arqueología Americana(14): 65-99.
- Hinton, T. B. (1955). "A survey of archaeological sites in the Altar Valley, Sonora." Kiva **21**(1-2): 1-12.
- Hunt, A. M. (2017). The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, Oxford University Press.
- Huntington, E. (1914). The climatic factor as illustrated in Arid America. Washington D.C, Carnegie Institute of
- INEGI (2000). Síntesis de Información geográfica del estado de Sonora. Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística y Geografía: 82.
- Ingold, T. (1993). "The temporality of the landscape." World archaeology **25**(2): 152-174.
- Janssens, K., et al. (2000). "Use of microscopic XRF for non-destructive analysis in art and archaeometry." X-ray Spectrometry **29**(1): 73-91.
- Jiménez, A. (en proceso). Paisaje y Arte Rupestre, Análisis espacial, interpretación y apropiación del entorno: El fenómeno rupestre en el Noroeste de Sonora. Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia
- Johnson, A. E. (1960). The Place of the Trincheras Culture of Northern Sonora in Southwestern Archaeology. Department of Anthropology. Tucson, University of Arizona. **Master's thesis**.

- Jones, A. (2004). "Archaeometry and materiality: materials-based analysis in theory and practice." Archaeometry **46**(3): 327-338.
- Josa, V. G., et al. (2010). "X-ray and scanning electron microscopy archaeometric studies of pigments from the Aguada culture, Argentina." Microchemical Journal **96**(2): 259-268.
- Juanes, D., et al. (2008). Aplicaciones de la microscopía óptica y electrónica de barrido. La Ciencia y el Arte. Ciencias Experimentales y conservación del patrimonio Histórico. S. G. Técnica. Madrid, Instituto del patrimonio histórico Español. I: 68-80.
- Kennett, D. J., et al. (2002). "Compositional characterization of prehistoric ceramics: a new approach." Journal of Archaeological Science **29**(5): 443-455.
- Klumpp, K. M. (2013). "Replicación de la pintura iridiscente chorrera." Apachita, Boletín de Arqueología **21**: 3-12.
- Knappett, C. (2012). Materiality. Archaeological Theory Today. I. Hodder. Cambridge, UK, Polity Press.
- Lahanier, C., et al. (1986). "Study and conservation of museum objects: use of classical analytical techniques." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms **14**(1): 1-9.
- Lemonnier, P. (1986). "The study of material culture today: toward an anthropology of technical systems." Journal of Anthropological Archaeology **5**(2): 147-186.
- Lemonnier, P. (1992). Elements for an Anthropology of Technology Ann Arbor, University of Michigan.
- Leroi-Gourhan, A. (1965). Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes. Paris, Albin Michel.
- Liritzis, I. and N. Zacharias (2011). Portable XRF of archaeological artifacts: current research, potentials and limitations. X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology, Springer: 109-142.
- Longoni, A., et al. (1998). "A portable XRF spectrometer for non-destructive analyses in archaeometry." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **409**(1-3): 407-409.
- López, C. (2017). Arqueometría del color en el conjunto palaciego de Xalla, Teotihuacan. Primeros resultados para el estudio de su producción y uso. Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México. **Maestría**.

- Mantler, M. and M. Schreiner (2000). "X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology." X-ray Spectrometry **29**(1): 3-17.
- Maraver R, D. (2008). Inventario Físico de los Recursos Minerales en el Municipio de Caborca, Estado de Sonora. . Hermosillo, Servicio Geológico Mexicano - . Gobierno del Estado de Sonora
- Martinón, M. (2003). "Química en arqueología y la arqueología de la química: el ensayo." Gallaecia **22**: 383-405.
- Masson, A. (1986). "Les ocres et la pétroarchéologie. L'aspect taphonomique." ArchéoSciences, revue d'Archéométrie: 87-93.
- Matson, F. R. (1965). Ceramic ecology: an approach to the study of the early cultures of the Near East. Ceramics and man. F. R. Matson. Aldine-Chicago, Viking Fund Publications in Anthropology. **41**: 212-217.
- Mauss, M. (1936). "Les techniques du corps." Journal de psychologie **32**(3-4): 271-293.
- Mauss, M. (2009). Ensayo sobre el don: forma y función del intercambio en las sociedades arcaicas. 1éra edición (1925). Buenos Aires/ Madrid, Katz Editores.
- McAuliffe, J. R. (1994). "Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert bajadas." Ecological Monographs **64**(2): 111-148.
- McGee, W. J. (1898). The Seri Indians. Bureau of American Ethnology. Washington, Government Printing Office.
- McGuire, R. (1997). Crossing the border. Prehistory of the Borderlands. J. Carpenter and G. Sánchez. Tucson, University of Arizona Press. **186**: 130-137.
- McGuire, R. and E. Villalpando (1988). Proyecto Reconocimiento arqueológico en el Valle de Altar. Informe Final sobre la temporada de campo 1988. sin publicar.
- McGuire, R. and E. Villalpando (1993). An archaeological survey of the Altar Valley, Sonora, Mexico. Tucson, Arizona State Museum.
- McGuire, R. and E. Villalpando (2015). "War and Defense on Cerros de Trincheras in Sonora, México." American Antiquity **80**(3): 429-450.
- McGuire, R. H. and E. M. Villalpando (2007). "Excavations at Cerro de Trincheras." Trincheras Sites in Time, Space, and Society, ed. Suzanne K. Fish, Paul R. Fish, and M. Elisa Villalpando (Tucson: University of Arizona Press, 2007): 137-164.

Mejía, E. and A. Herrera (2013). "Minas y Mineros: Presencia de Metales en Sedimentos y Restos Humanos al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en México." Chungara, Revista de Antropología Chilena **45**: 161-176.

Messmacher, M. (1981). Las Pinturas Rupestres de La Pintada, Sonora. Un enfoque metodológico. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Miksa, E. J. (2001). Criteria for evaluating multiple components in pottery paste. BAR INTERNATIONAL SERIES. I. C. Druc. Oxford, British Archaeological Reports. **942**: 81-93.

Mills, B. J. and T. Ferguson (2008). "Animate objects: Shell trumpets and ritual networks in the greater southwest." Journal of Archaeological Method and Theory **15**(4): 338-361.

Molada, A. (2016). Tratamiento de datos colorimétricos y espectrales en documentación de arte rupestre. El caso de Cueva Remigia (Castellón). Departamento de Ingeniería Cartográfica Geodesia y Fotogrametría, Universitat Politècnica de València. **Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación**.

Morales, J. (2005). Tecnología de los materiales cerámicos. Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

Munson, S. M., et al. (2012). "Forecasting climate change impacts to plant community composition in the Sonoran Desert region." Global Change Biology **18**(3): 1083-1095.

Neff, H. (2002). Quantitative techniques for analyzing ceramic compositional data. Ceramic Production and Circulation in the Greater Southwest: Source Determination by INAA and Complementary Mineralogical Investigations. D. M. Glowacki and H. Neff, The Cotsen Institute of Archaeology Press: 15–36.

Nelson, M. C. and P. A. Gilman (2017). Mimbres Archaeology. The Oxford Handbook of Southwest Archaeology. B. Mills and S. Fowles. New York, Oxford University Press: 265-284.

Nostrom, R. (2014). Portable X-ray Fluorescence Analysis of Pottery at the Bayshore Homes site in Pinellas County, Florida. Department of Anthropology. Tampa USA, University of South Florida. **Master of Arts**.

Olvera, J. (1998). Finding father Kino: The discovery of the remains of Father Eusebio Kino, S.J., 1965-1966. Tucson, Arizona State Museum.

Pacheco, R. (2012). "Centros anímicos y pintura corporal en rituales wixaritari (huicholes)." Estudios Mesoamericanos **7**(13): 67-74.

Pailles, M. (2017). "Northwest Mexico: The Prehistory of Sonora, Chihuahua, and Neighboring Areas." Journal of Archaeological Research **25**(4): 373-420.

Pastoureau, M. and D. Simonnet (2006). Breve historia de los colores. Barcelona, Paidós Iberica.

Paterson, N. and R. J. Lampert (1985). "A Central Australian ochre mine." Records of the Australian Museum **37**(1): 1–9.

Pérez Ireta, G. (2016). Caracterización por métodos no destructivos de espectroscopias de rayos x de cerámicas arqueológicas del sitio Cerro de Los Remedios, Comonfort, Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas. -sin publicar-, Universidad de Guanajuato. **Licenciado en Química**.

Pollard. A. M. , C. M. B., B. Stern, Suzanne M. M. Young, S. M. M. Young (2007). Analytical chemistry in archaeology. New York, Cambridge University Press.

Pomies, M.-P., et al. (1998). "XRD study of the goethite-hematite transformation: application to the identification of heated prehistoric pigments." European Journal of solid state and Inorganic Chemistry **35**(1): 9-25.

Rangel, E. A. (2018). Control paleopedológico en la configuración del relieve actual del abanico aluvial de La Playa, Sonora. . Ciencias de la Tierra. Ciudad de México, UNAM. **Maestría**

Rice, P. (2015). Pottery analysis: A Sourcebook. Second Edition. Chicago, The University of Chicago press.

Roebroeks, W., et al. (2012). "Use of red ochre by early Neandertals." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **109**(6): 1889-1894.

Romano, F. P., et al. (2017). FF-XRF, XRD, and PIXE for the Nondestructive Investigation of Archaeological Pigments. Sensing the Past: From artifact to historical site. N. Masini and F. Soldovieri. Cham, Springer International Publishing: 325-336.

Romero, P., González, J.C., Bustamante, A., Ruiz Conde, A. y Sánchez-Soto, P.J. (2013). "Estudio *in situ* de la transformación térmica de limonita utilizada como pigmento procedente de Perú." Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio **52**(3): 127-131.

Roux, V. (2011). Anthropological interpretation of ceramic assemblages: foundations and implementations of technological analysis. Archaeological Ceramics: A Review of Current Research. S. Scarcella. Oxford, Archaeopress: 80-88.

Roux, V. (2019). Ceramics and Society: A Technological Approach to Archaeological Assemblages. Cham, Switzerland, Springer International Publishing.

Ruvalcaba, J. L., et al. (2010). "SANDRA: a portable XRF system for the study of Mexican cultural heritage." X-Ray Spectrometry **39**(5): 338-345.

- Ruvalcaba Sil, J. L. (2005). PIXE Analysis of pre-Hispanic Items from Ancient America. X-Rays for Archaeology. G. D. M. Uda, & G. Nakai. Países Bajos: Springer.: 123-150.
- Sahlins, M. (1983). "La sociedad opulenta primitiva" Economía de la Edad de Piedra. Aldine Publishing Company (Chicago), 1974 Madrid, Akal: 13-53.
- Salas, R. (2017). Arqueología del paisaje: colores en el Valle de el Dorado Valle del Cauca-Colombia (100-1550 DC). [recurso electrónico], Universidad del Valle.
- Salazar, D., et al. (2013). Hunter–gatherer–fisher mining during the archaic period in coastal northern Chile. Mining and Quarrying in the Ancient Andes. Sociopolitical, Economic, and Symbolic Dimensions. T. Nicholas and V. Kevin J. New York, Springer: 137-156.
- Sánchez, A., et al. (2019). "An Archaeometric Characterization of Ecuadorian Pottery." Scientific Reports **9**(1): 2642.
- Sánchez del Río, M., et al. (2006). Nuevas Investigaciones sobre el Azul Maya. La Ciencia de Materiales y su Impacto en la Arqueología. D. Mendoza Anaya, J. A. Arenas Alatorre, J. L. Ruvalcaba Sil and V. Rodríguez Lugo. México, Innovación Editorial Lagares de México. **III**: 11-20.
- Sánchez, F., et al. (2017). "Trapping and diffusion of organic dyes inside of palygorskite clay: The ancient Maya Blue pigment." Microporous and Mesoporous Materials **249**: 111-117.
- Sandoval Andrade, J. (2019). La cerámica como producto de intercambio en los Valles de Tequila durante el periodo Posclásico (900-1600 d.c.). Centro de Estudios Arqueológicos (CEQ). -sin publicar-, El Colegio de Michoacán A.C. **Maestro en Arqueología**.
- Santacreu, D. A. (2014). Social Theory of Technology. Materiality, Techniques and Society in Pottery Production, Sciencdo Migration: 194-244.
- Sauer, C. O. and D. D. Brand (1931). Prehistoric Settlements of Sonora: With Special Reference to Cerros de Trincheras, University of California Press.
- Schiffer, M. (1995). Behavioral Archaeology: First Principles Salt Lake City, UT, University of Utah Press.
- Schiffer, M. B. and J. M. Skibo (1987). "Theory and experiment in the study of technological change." Current Anthropology **28**(5): 595-622.
- Schiffer, M. M., Andrea. (1999). The material life of human beings: artifacts, behavior and communication. New York, Routledge.
- SEMARNAT and CEDES (2008). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Sepúlveda, M., et al. (2015). "Análisis microestratigráficos de recubrimientos corporales de una momia chinchorro, extremo norte de Chile." Chungara: Revista de Antropología Chilena **47**(2): 239-247.

Sepúlveda, M., et al. (2019). "El Condor mine: Prehispanic production and consumption of hematite pigments in the Atacama Desert, northern Chile." Journal of Anthropological Archaeology **53**: 325-341.

Shackley, M. S. (2011). An introduction to X-ray fluorescence (XRF) analysis in archaeology. X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology, Springer: 7-44.

Shackley, M. S. (2014). X-Ray Fluorescence (XRF): Applications in Archaeology. Encyclopedia of Global Archaeology, Springer. **1**: 7933-7938.

Shennan, S. (1997). Quantifying archaeology, University of Iowa Press.

Shepard, A. O. (1956). Ceramics for the Archaeologist. Washington D.C, Carnegie Institution Of Washington.

Siddall, R. (2018). "Mineral Pigments in Archaeology: Their Analysis and the Range of Available Materials." Minerals **8**(5): 201.

Sillar, B. (2000). Shaping culture: making pots and constructing households. An ethnoarchaeological study of pottery production, trade and use in the Andes, British Archaeological Reports International Series, 883.

Sillar, B. (2009). "The Social Agency of Things? Animism and Materiality in the Andes." Cambridge Archaeological Journal **19** (3): 367-377.

Skibo, J. (2013). Understanding pottery function. Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique. C. E. Orser, Schiffer, Michael. New York, Springer: 1-25.

Solé, V., et al. (2007). "A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra." Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy **62**(1): 63-68.

Speakman, R. J., et al. (2011). "Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest." Journal of Archaeological Science **38**(12): 3483-3496.

Stark, M. T., et al. (2000). "Ceramic Technology and Social Boundaries: Cultural Practices in Kalinga Clay Selection and Use." Journal of Archaeological Method and Theory **7**(4): 295-331.

Sugiura, Y. S., M. (1990). Significado del espacio: el caso de la producción alfarera del valle de Touca. . Etnoarqueología : Coloquio Boch-Gimpera. M. C. S. Yoko Sugiura. México D.F, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.: 201-218.

Tite, M. S. (2008). "Ceramic production, provenance and use a review." Archaeometry **50**(2): 216-231.

Trias, M. C. and J. G. Roselló (2012). "Tradición técnica y contactos: Un marco de reflexión centrado en la producción cerámica." Rubricatum: revista del Museu de Gavà(5): 393-402.

Tykot, R. H. (2016). "Using nondestructive portable X-ray fluorescence spectrometers on stone, ceramics, metals, and other materials in museums: advantages and limitations." Applied spectroscopy **70**(1): 42-56.

Uda, M., et al. (2005). X-rays for Archaeology, Springer.

VanPool, T. L. and R. D. Leonard (2011). Quantitative analysis in archaeology, John Wiley & Sons.

Vaughn, K. J., et al. (2013). "Minería de Hematita en la Costa Sur del Perú: investigaciones arqueológicas en Mina Primavera." Chungara: Revista de Antropología Chilena **45**(1): 131-142.

Vázquez de Ágredos, L., et al. (2018). Color y cultura en Teotihuacan. Los pigmentos y colorantes de Teopancazco como caso de estudio. Teopancazco como centro de barrio multiétnico de Teotihuacan. Los sectores funcionales y el intercambio a larga distancia. M. Linda. México, DGAPA-IIA UNAM: 388-419.

Villalobos, C. (2003). Proyecto arqueológico de manifestaciones rupestres en la Proveedora, Sonora. Informe final. México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Villalobos, C. (2007). Proyecto salvamento arqueológico "los que viven hacia el verdadero viento": Bahía Tepoca, Mar de Cortés, Sonora. Memoria del Seminario de Arqueología del Norte de México. C. García and E. Villalpando. Hermosillo, Centro INAH Sonora.

Villalobos, C. (2008). La diversidad emergente: complejidad y metáforas textuales en la investigación arqueológica de Sonora, México. Hermosillo, Sonora, México, Instituto Sonorense de Cultura.

Villalobos, C. (2011). "Los cerros de Trincheras en el paisaje cultural sonorense: ¿Evidencia de memoria colectiva?" Ancient Mesoamerica **22**: 411-423.

Villalobos, C. (2016). Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora. Informe primera temporada de campo Febrero-Marzo 2016 México, Instituto Nacional de Antropología **-sin publicar-**.

Villalobos, C. (2016). Proyecto Arqueológico cambio climático y diversificación sociocultural en el Norte de México: Bahía Tepoca, Sonora. Informe primera temporada de campo: Febrero-Marzo 2016. México D.F, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.

Villalobos, C. (2018). "Cambio climático y arqueología en el desierto de Sonora. ." Anales de Antropología **52 - 2**: 37-53.

Villalobos, C. (en preparación). Arqueología Costera: historia cultural, calendarios lunares, mar y desierto en Sonora, México, IIA-UNAM.

Villalpando, E. (2000). Conchas y caracoles. Relaciones entre nómadas y sedentarios en el noroeste de México. Nómadas y Sedentarios en el Norte de México. Homenaje a Beatriz Braniff. B. Braniff and A. Hers. México, UNAM-IIA-IIIE-IIH.

Villalpando, E. (2002). Investigación, conservación y el rescate de la identidad regional en la arqueología del Noroeste de México. Investigación arqueológica y preservación del patrimonio en las Américas. R. D. Drennan and S. Mora. México Instituto Nacional de Antropología e Historia: 93-104.

Villalpando, E. and R. McGuire (2009). Entre muros de piedra. La arqueología del cerro de Trincheras. Hermosillo, Instituto Sonorense de Cultura.

Villalpando, E. and R. McGuire (2017). Sonoran Pre-Hispanic Traditions. The Oxford Handbook of Southwest Archaeology. B. Mills and S. Fowles. New York, Oxford University Press: 381-396.

Walker, T. R. and R. M. Honea (1969). "Iron Content of Modern Deposits in the Sonoran Desert: A Contribution to the Origin of Red Beds." GSA Bulletin **80**(3): 535-544.

Washburn, D. K. (2001). "Remembering Things Seen: Experimental Approaches to the Process of Information Transmittal." Journal of Archaeological Method and Theory **8**(1): 67-99.

Wasley, W. (1968). Archaeological Survey in Sonora, Mexico. Ponencia presentada en la Reunión Anual de la Society for American Archaeology. Santa Fe.

Wasley, W. W. and D. E. Doyel (1980). "Classic Period Hohokam." Kiva **45**(4): 337-352.

Watts, I. (2009). Red ochre, body painting, and language: interpreting the Blombos ochre. The cradle of language. Studies in the Evolution of Language. R. Botha and C. Knight. Londres, Oxford University Press: 62-93.

Weiss, J. L. and J. T. Overpeck (2005). "Is the Sonoran Desert losing its cool?" Global Change Biology **11**(12): 2065-2077.

White, D. A. (2007). Transportation, integration, facilitation: Prehistoric trail networks of the Western Papaguería. Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (304886711). University of Colorado at Boulder.

William H, D. (1980). Past adaptive patterns in western Papagueria: an archaeological study of nonriverine resource use. Department of Anthropology. Ann Arbor, University of Arizona - Tucson. **Ph.D. dissertation.**

Williams, E. (2005). Introducción: la etnoarqueología, arqueología como antropología. Etnoarqueología: el contexto dinámico de la cultura material a través del tiempo. Zamora, El Colegio de Michoacán: 13-34.

Withers, A. M. (1941). Excavations at Valshni Village, Papago Indian Reservation. Department of Anthropology. Tucson, The University of Arizona,. **Master's thesis.**




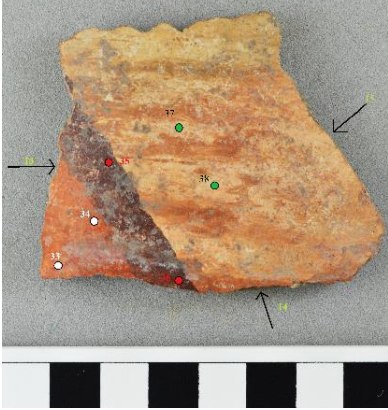





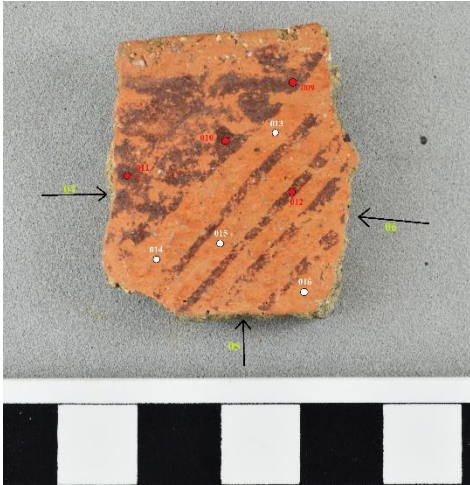


Withers, A. M. (1944). "Excavations at Valshni Village, a Site on the Papago Indian Reservation." American Antiquity **10**(1): 33-47.

Wong, P. (2009). "Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI." Estudios sociales (Hermosillo, Son.) **17**(SPE): 11-39.




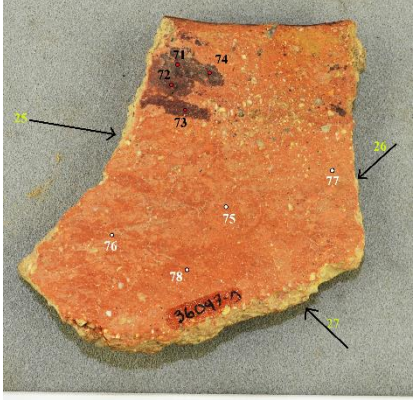


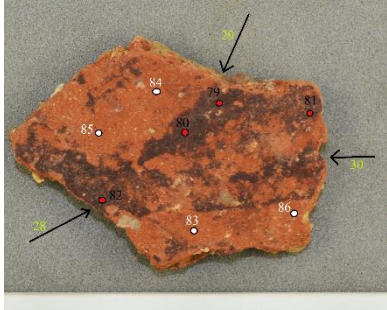


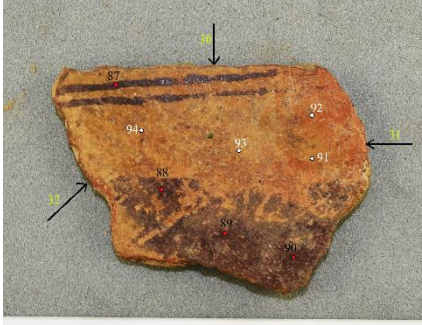


Wright , V. (2010). "Pigmentos y tecnología artística mochicas: una nueva aproximación en la comprensión de la organización social " Bulletin de l'Institut français d'études andines [En línea] **39**(2): 299-330.










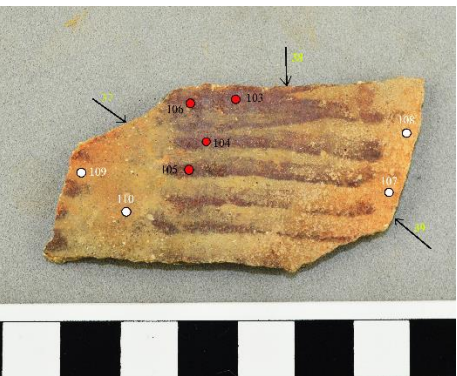


ANEXOS

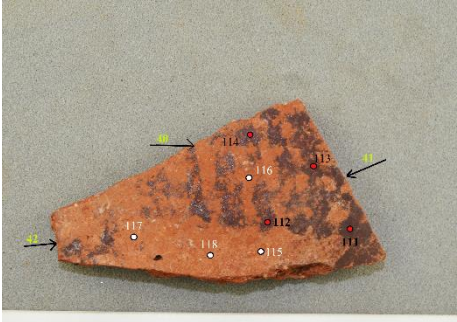


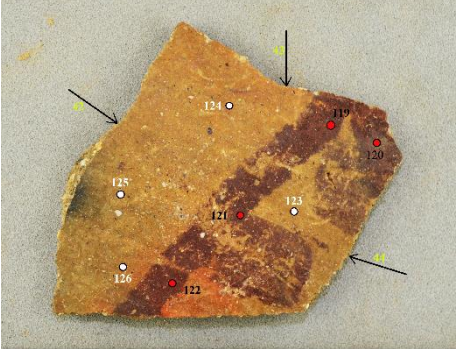


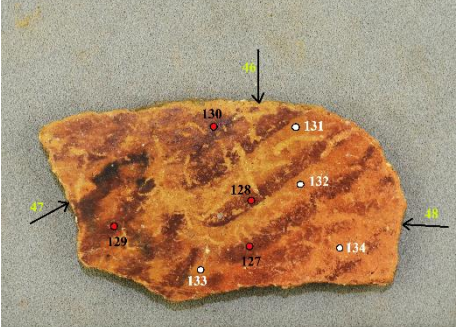


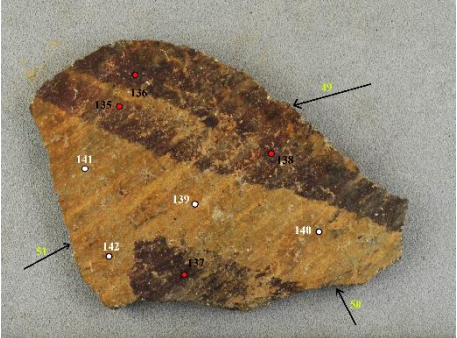


ANEXO I: INVENTARIO DE MUESTRAS
ANALIZADAS

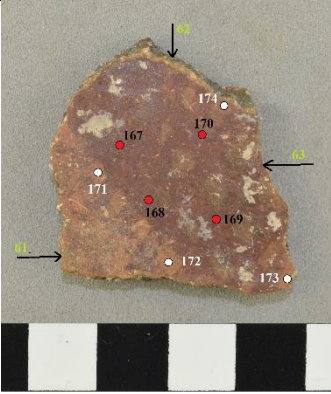
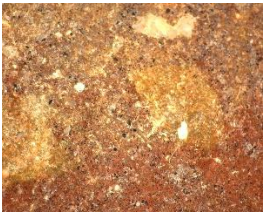

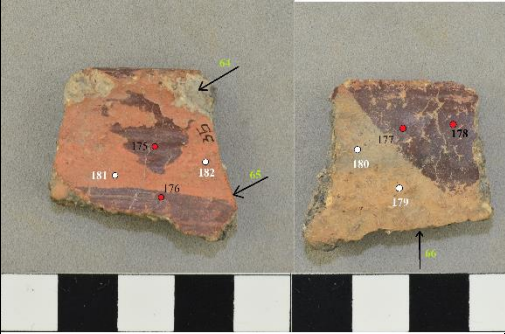


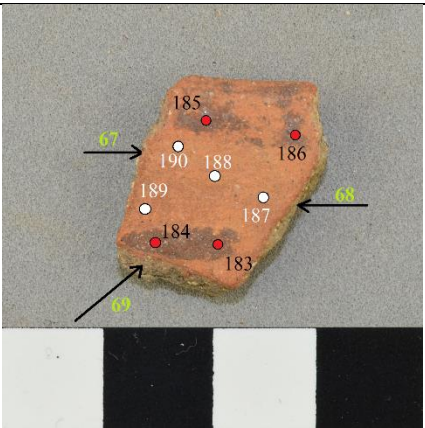


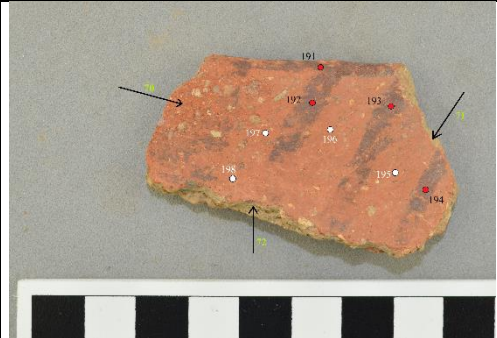
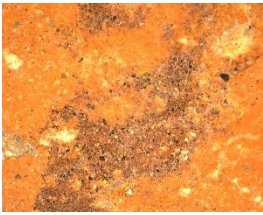

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
4	SON:E:13:1	CONCENTRACIÓN			
5					
1	SON:E:13:6	ALINEAMIENTO			
2					

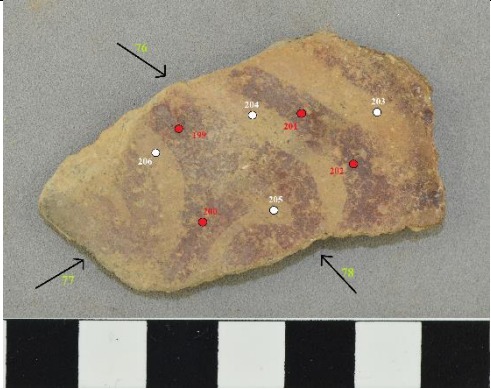


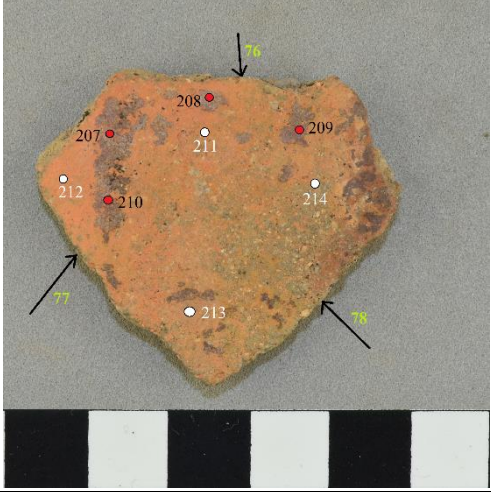



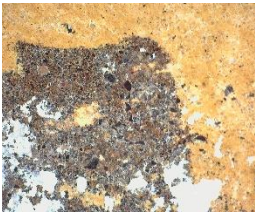

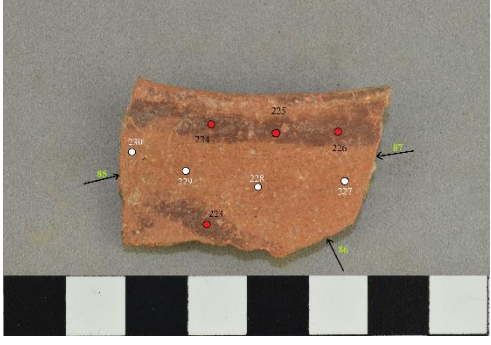


Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
3	SON:E:13:6	ALINEAMIENTO			
6					
18					
19					

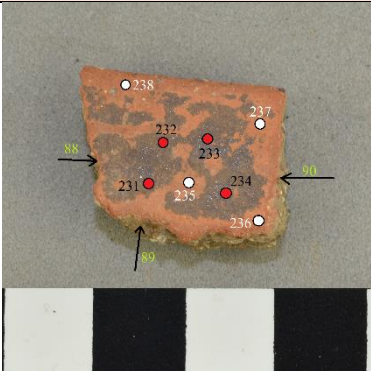
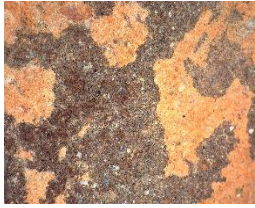

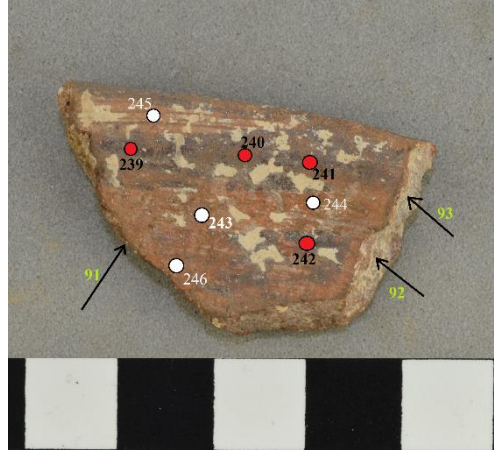





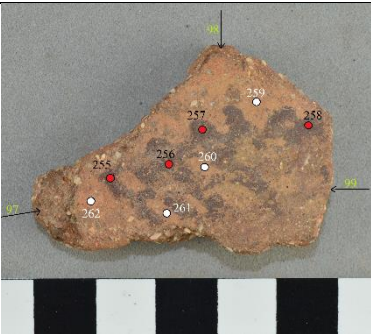
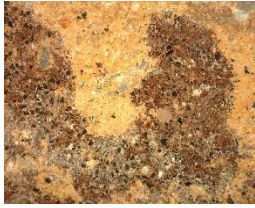
Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
20	SON:E:13:6	ALINEAMIENTO			
9	SON:E:13:1	CONCENTRACIÓN			
10					
11					

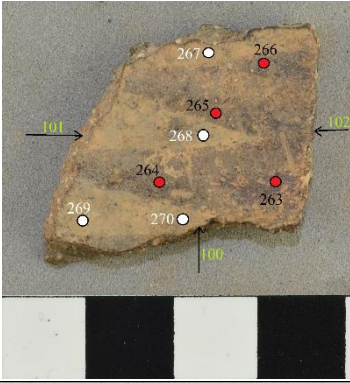
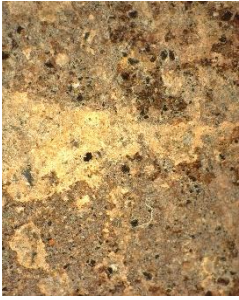

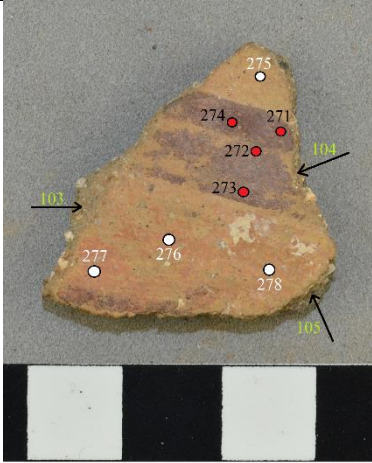
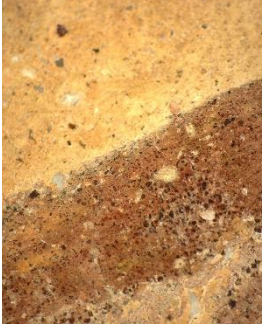




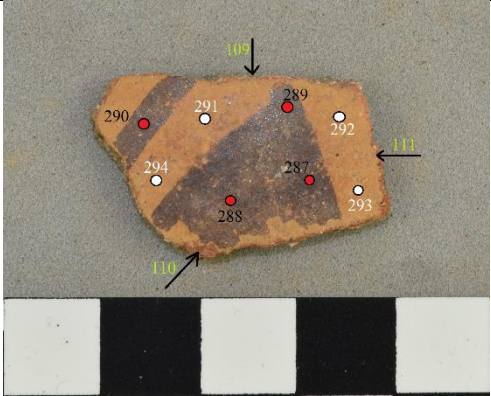


Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
12	SON:E:13:9		 <p>FRX analysis points on sample 12: 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78. Scale bar at the bottom.</p>		
7	SON:E:13:10		 <p>FRX analysis points on sample 7: 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. Scale bar at the bottom.</p>		
8			 <p>FRX analysis points on sample 8: 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200. Scale bar at the bottom.</p>		
13	SON:E:13:11	CONCENTRACIÓN	 <p>FRX analysis points on sample 13: 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200. Scale bar at the bottom.</p>		

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
14	SON:E:13:11	CONCENTRACIÓN	 <p>FRX analysis points on sample 14: 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119. Scale bar at the bottom.</p>		
15			 <p>FRX analysis points on sample 15: 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126. Scale bar at the bottom.</p>		
16			 <p>FRX analysis points on sample 16: 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134. Scale bar at the bottom.</p>		
17			 <p>FRX analysis points on sample 17: 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144. Scale bar at the bottom.</p>		

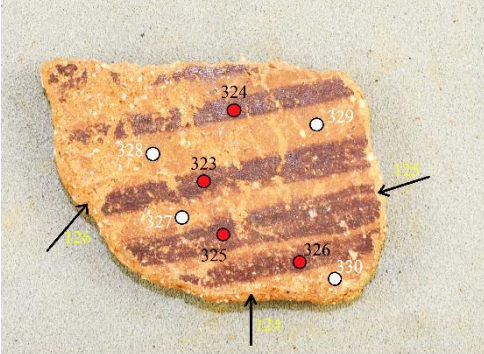


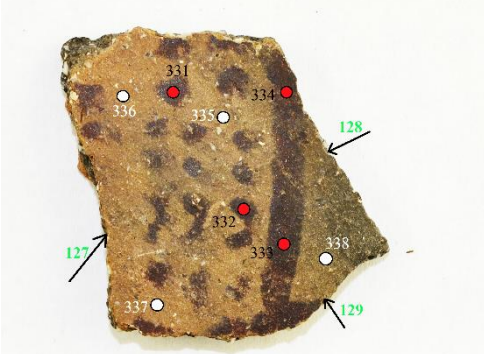
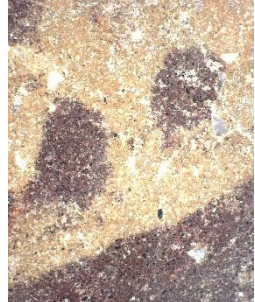

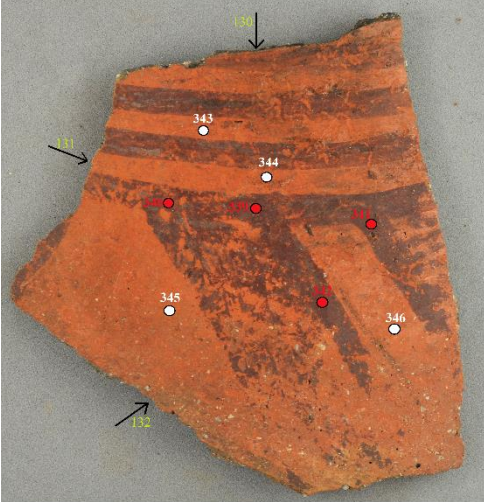


Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
21	Ballena	Concentración			
22	Insolación				
23	Calera-Estructuras	Alineamiento			
24	Calera-Negro				

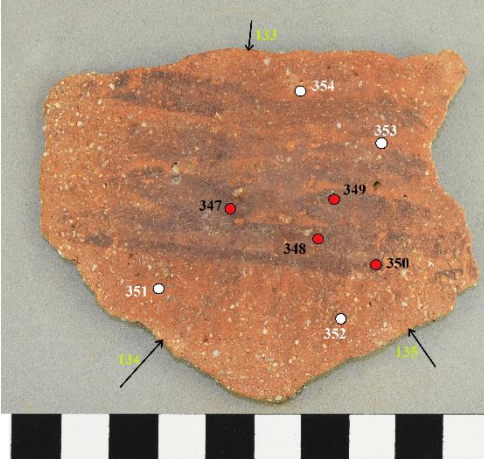


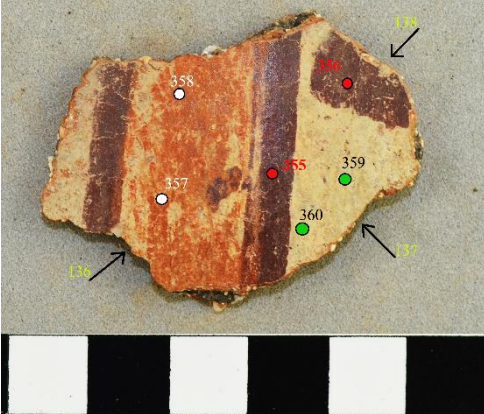


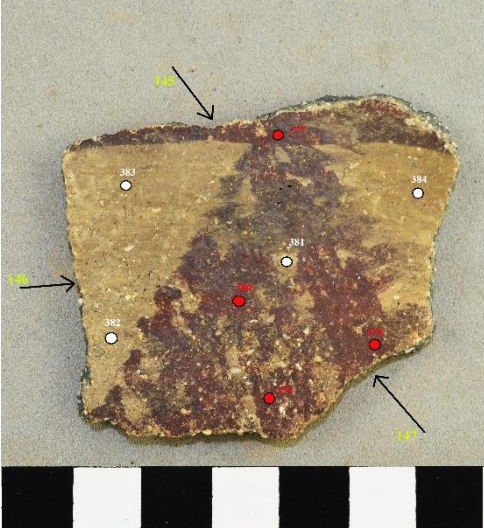


Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
25			 <p>FRX analysis points on sample 25: 204, 201, 203, 206, 205, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214. Arrows 76, 77, 78 point to specific areas.</p>		
26	Calera-T115		 <p>FRX analysis points on sample 26: 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214. Arrows 76, 77, 78 point to specific areas.</p>		
27	Calera-Pashes	Concentración	 <p>FRX analysis points on sample 27: 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222. Arrows 82, 83, 84 point to specific areas.</p>		
28			 <p>FRX analysis points on sample 28: 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000. Arrows 86, 87, 88 point to specific areas.</p>		

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
29	Calera-Pashes	Concentración			
30					
31					
32			avispas Terraza		

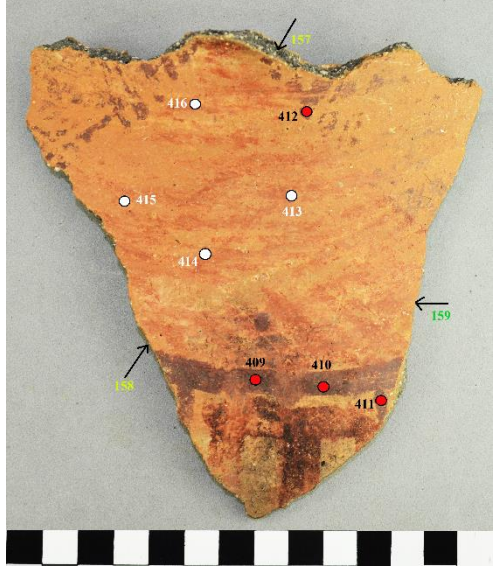
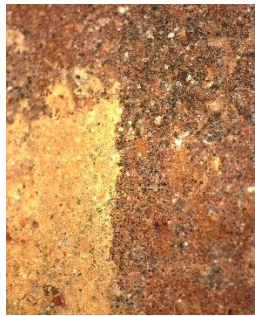

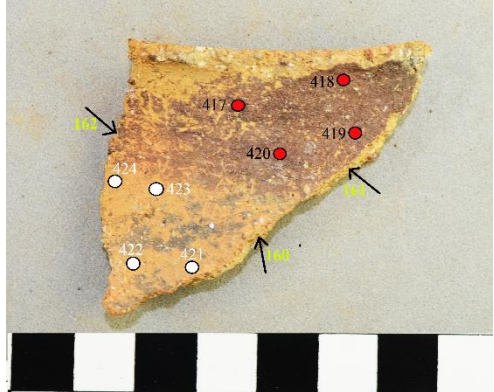





Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
33	vacas muertas				
34	T4				
35	Calera-Punta Rota				
36	Calera-Pashes	Concentración			

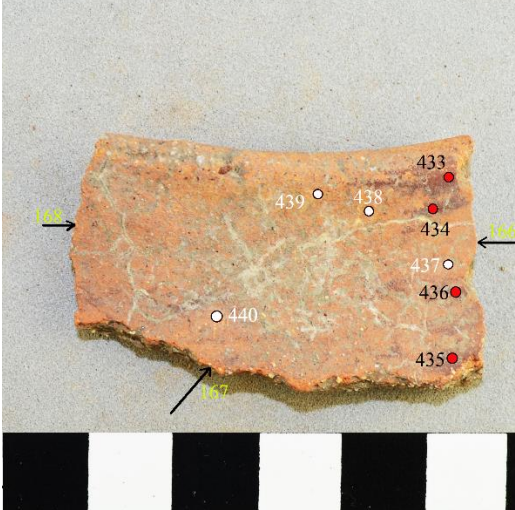


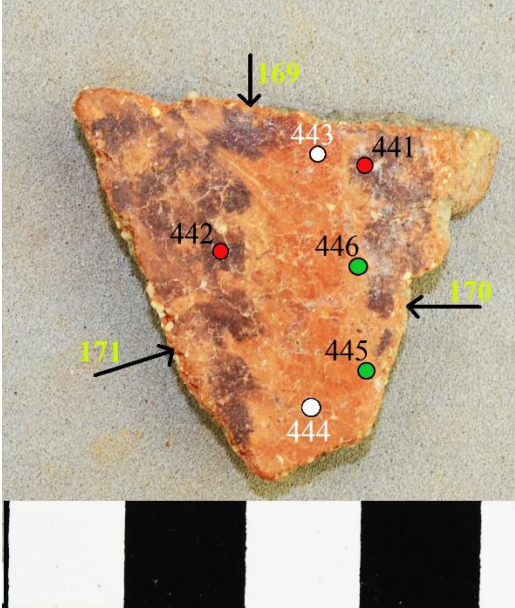




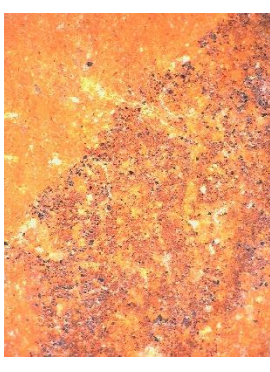
Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
37					
38	Calera-Pozo				
39	coyote muerto				
40	T2				




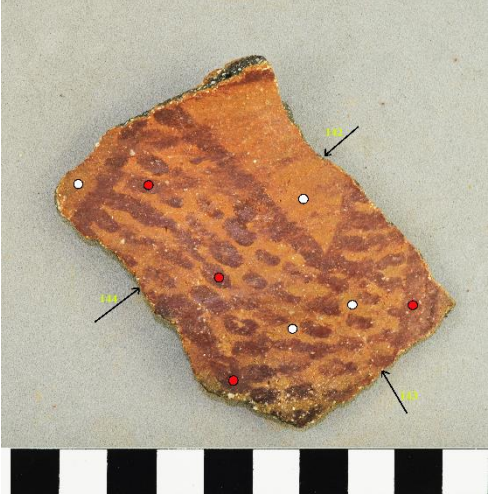
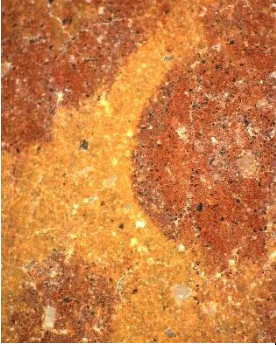

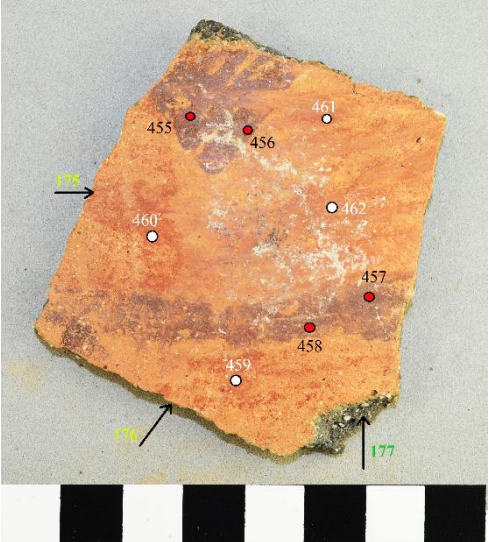
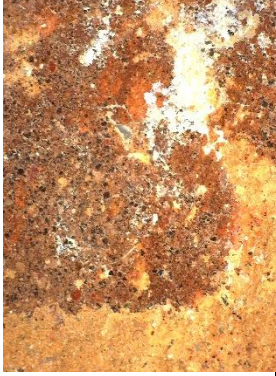

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
41	SON: E: 9: 3	Concentración y Alineamiento	 <p>FRX analysis points on sample 41: 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330. Scale bar 132.</p>		
42			 <p>FRX analysis points on sample 42: 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338. Scale bar 127.</p>		
43			 <p>FRX analysis points on sample 43: 343, 344, 345, 346. Scale bar 132.</p>		

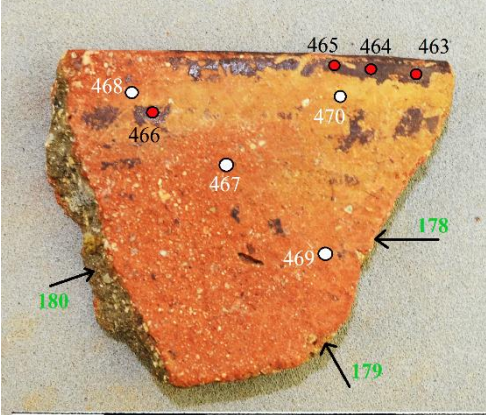


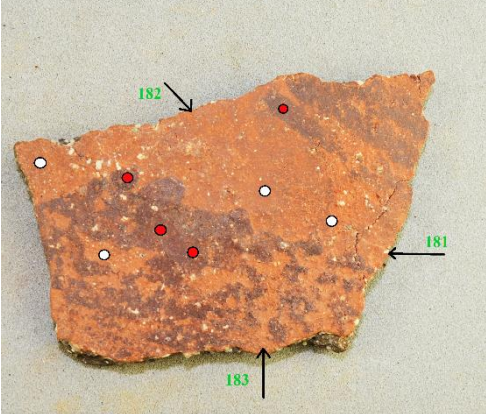
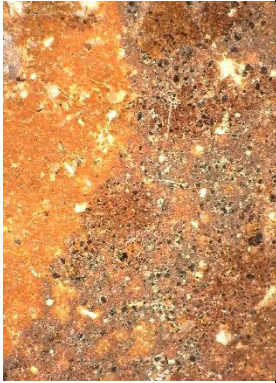

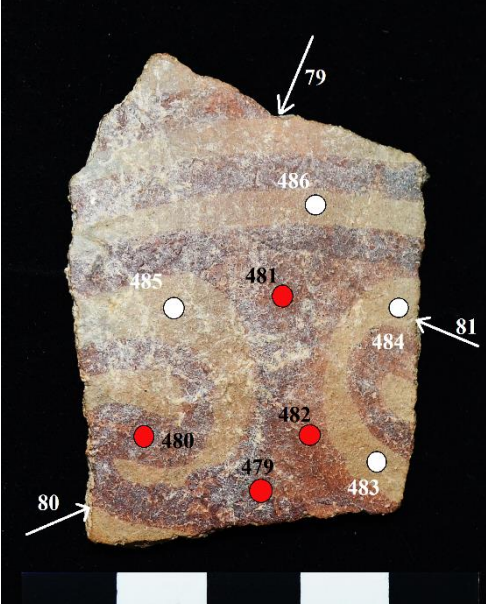


Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
44	SON: E: 9: 3	Concentración y Alineamiento			
45					
48					

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
49	SON: E: 9: 3	Concentración y Alineamiento			
50					
51					

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
52	SON: E: 9: 3		 <p>FRX analysis points on sample 52: 416, 412, 415, 413, 414, 409, 410, 411. Arrows point to 157 and 159.</p>		
53			 <p>FRX analysis points on sample 53: 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424. Arrows point to 152, 153, and 154.</p>		
54			 <p>FRX analysis points on sample 54: 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.</p>		

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
55	SON:E:9:10		 <p>FRX analysis points on sample 55: 433, 439, 438, 434, 437, 436, 435, 440, 168, 166, 167.</p>		
56	SON:E:9:20		 <p>FRX analysis points on sample 56: 443, 441, 442, 446, 445, 444, 169, 170, 171.</p>		
57	SON:E:9:20		 <p>FRX analysis points on sample 57 (left view): 447, 454, 448, 453, 449, 172, 173.</p>	 <p>FRX analysis points on sample 57 (right view): 452, 451, 450, 174, 566/PA.</p>	

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
46	SON:E:9:17		 <p>FRX analysis points on sample 46: 365, 366, 361, 362, 363, 364, 367, 368. Arrows point to 136, 137, and 141.</p>		
47			 <p>FRX analysis points on sample 47: 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.</p>		
58	SON:E:9:3		 <p>FRX analysis points on sample 58: 455, 456, 461, 460, 462, 457, 458, 459. Arrows point to 176 and 177.</p>		

Muestra	Sitio	Contexto	Puntos de análisis FRX	Fotografía Superficie Luz Polarizada (50X)	Fotografía Superficie (50X)
59			 <p>Diagram showing FRX analysis points on sample 59. Points are marked with white circles (463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470) and red circles (463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470). Green arrows point to points 178, 179, and 180.</p>		
60			 <p>Diagram showing FRX analysis points on sample 60. Points are marked with white circles and red circles. Green arrows point to points 181, 182, and 183.</p>		
61	SON:E:9:3		 <p>Diagram showing FRX analysis points on sample 61. Points are marked with white circles (480, 481, 482, 483, 484, 485, 486) and red circles (480, 481, 482, 479). White arrows point to points 79, 80, and 81.</p>		

ANEXO II: MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE
BARRIDO- MICROANÁLISIS DE RAYOS X

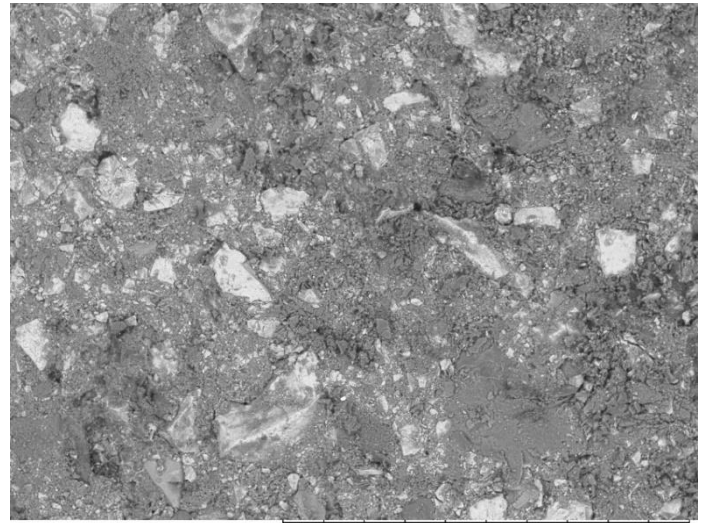
Muestra: 1 Grupo: "b"

Color: Púrpura Especular

Sección: Pigmento .004

Procedencia: Paredones

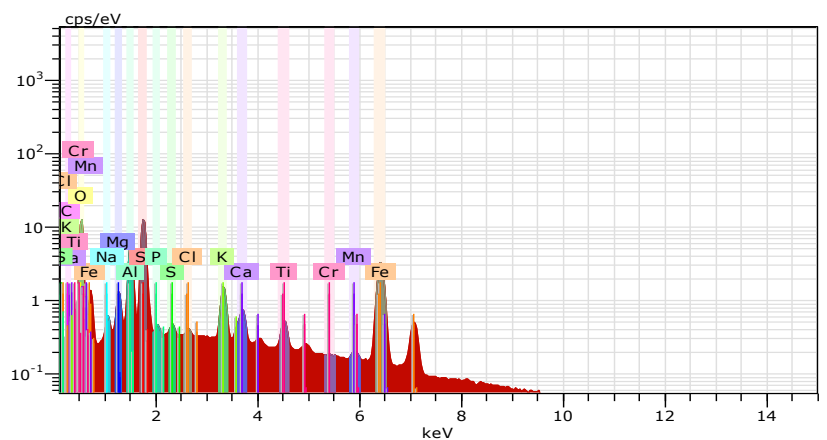
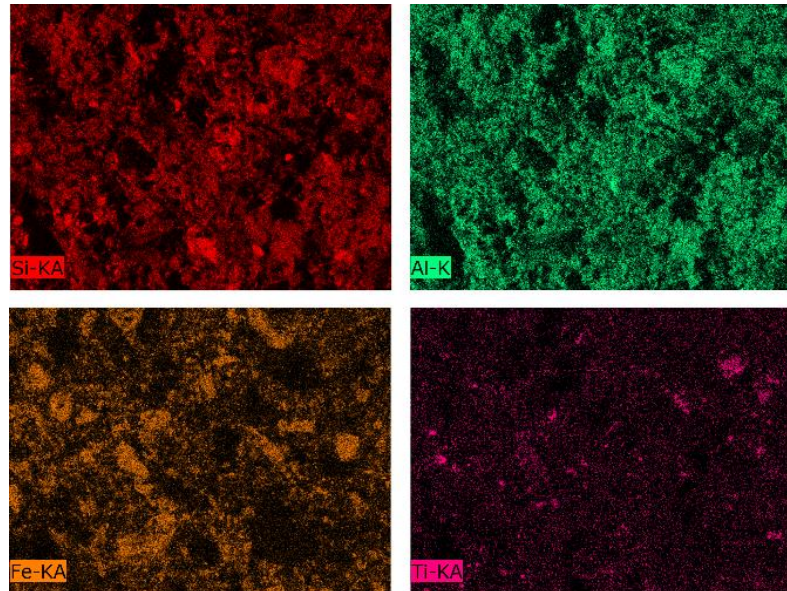
Interpretación: -----

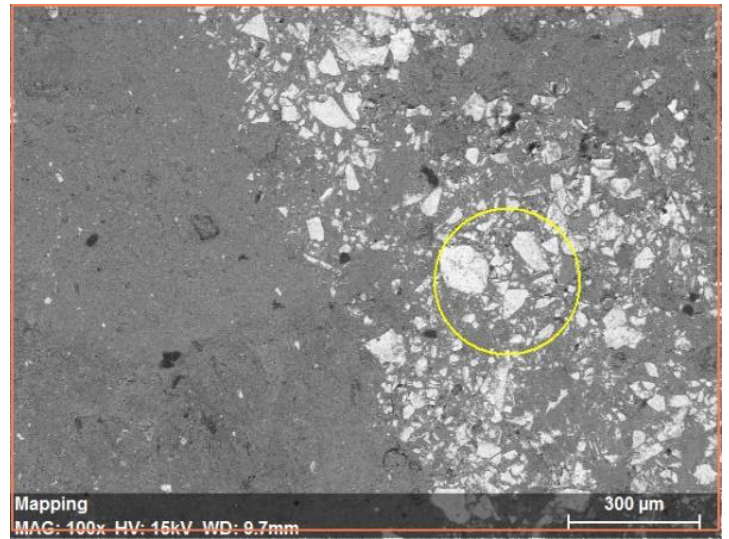
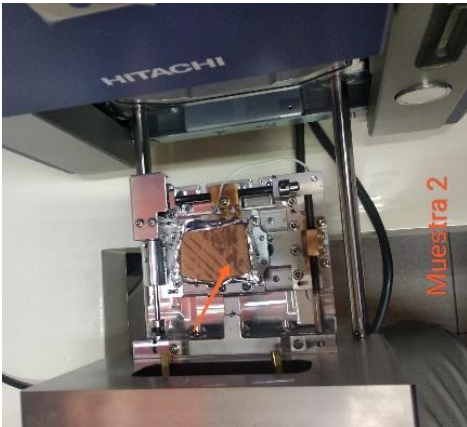


TM3030Plus3516 2018/03/07 09:43 HM D8.3 x200 500 μm

Spectrum: Point

Element	AN	Series	Net um.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt. %]	[wt. %]	[at. %]	[%]
Oxygen	8	K-series	285690	37.06	37.42	55.39 3.9
Iron	26	K-series	182781	25.97	26.23	11.12 0.8
Silicon	14	K-series	426795	17.21	17.38	14.65 0.7
Aluminium	13	K-series	170835	7.40	7.47	6.56 0.4
Carbon	6	K-series	7589	3.33	3.36	6.63 0.4
Potassium	19	K-series	53448	2.47	2.49	1.51 0.1
Magnesium	12	K-series	27758	1.49	1.50	1.46 0.1
Calcium	20	K-series	22917	1.26	1.28	0.75 0.1
Titanium	22	K-series	15824	1.18	1.19	0.59 0.1
Sodium	11	K-series	9565	0.79	0.79	0.82 0.1
Manganese	25	K-series	3068	0.34	0.35	0.15 0.0
Sulfur	16	K-series	4022	0.17	0.17	0.12 0.0
Phosphorus	15	K-series	3191	0.14	0.14	0.11 0.0
Chlorine	17	K-series	2770	0.12	0.12	0.08 0.0
Chromium	24	K-series	1147	0.10	0.10	0.05 0.0
Total:			99.03	100.00	100.00	





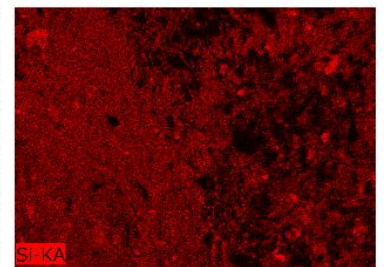
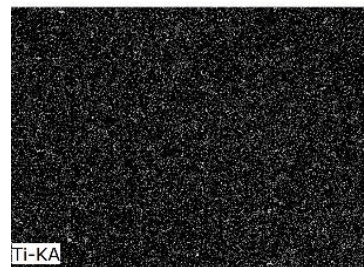
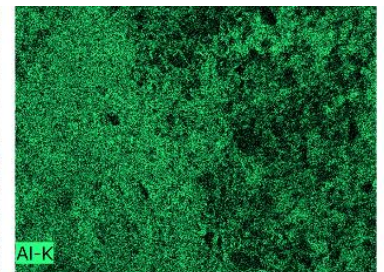
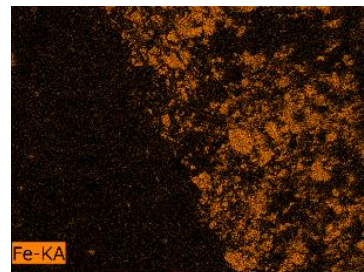
Muestra: 2 Grupo: "b"

Color: Púrpura Especular

Sección: Pigmento .009

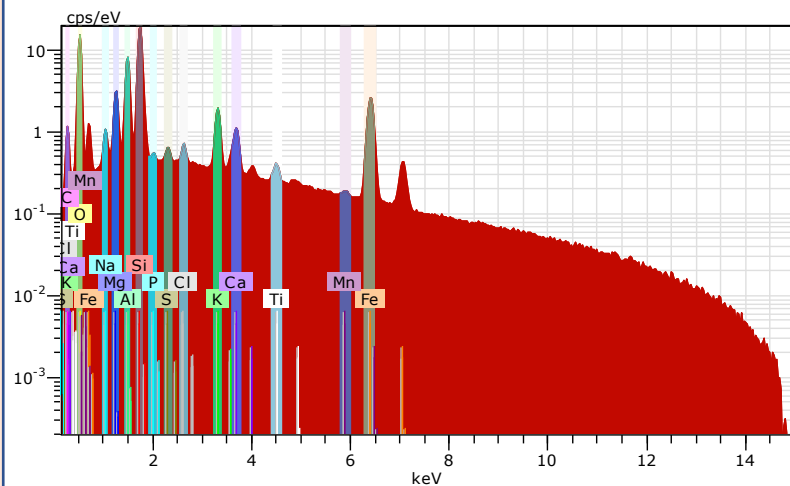
Procedencia: Paredones

Interpretación: Hematita

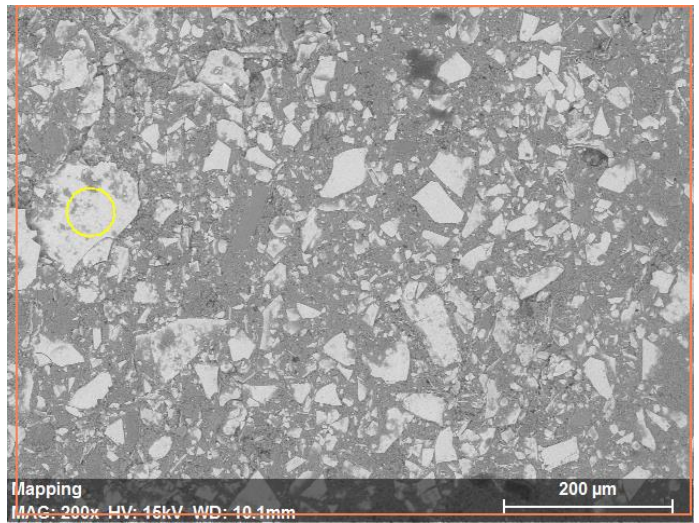


Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 2

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	29137	34.10	37.05	3.8
Iron	26	K-series	21871	33.01	35.86	1.0
Silicon	14	K-series	30928	12.04	13.08	0.5
Aluminium	13	K-series	11599	5.08	5.52	0.3
Magnesium	12	K-series	4660	2.54	2.76	0.2
Potassium	19	K-series	4030	2.00	2.17	0.1
Calcium	20	K-series	2344	1.35	1.46	0.1
Sodium	11	K-series	1334	1.11	1.21	0.1
Titanium	22	K-series	445	0.33	0.36	0.0
Chlorine	17	K-series	801	0.32	0.35	0.0
Sulfur	16	K-series	339	0.13	0.14	0.0
Phosphorus	15	K-series	66	0.03	0.03	0.0
Total:			92.04	100.00	100.00	

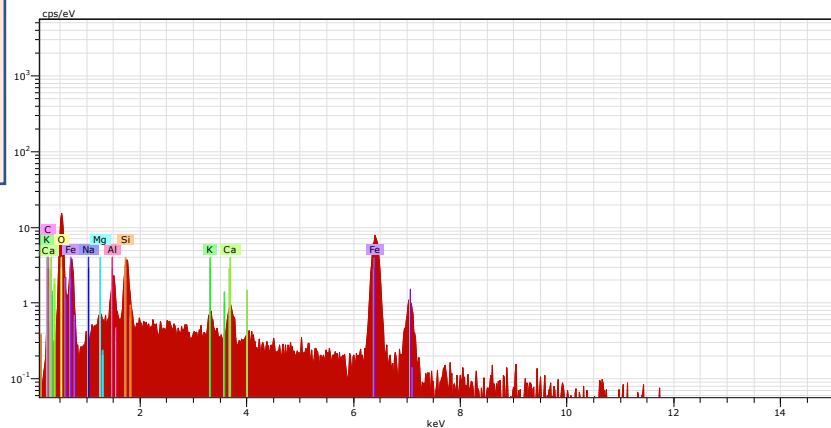
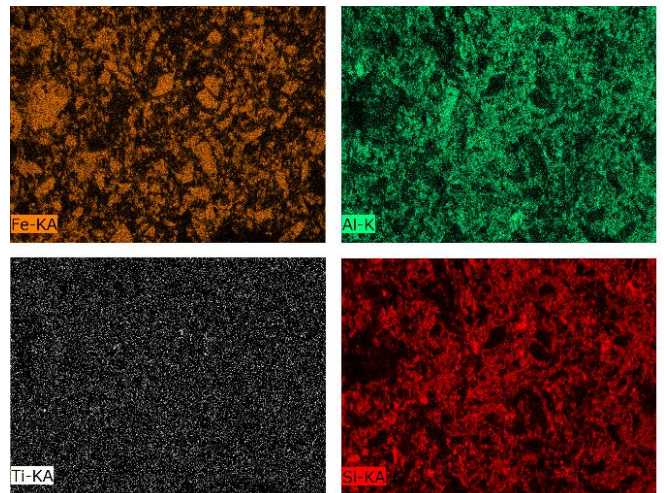


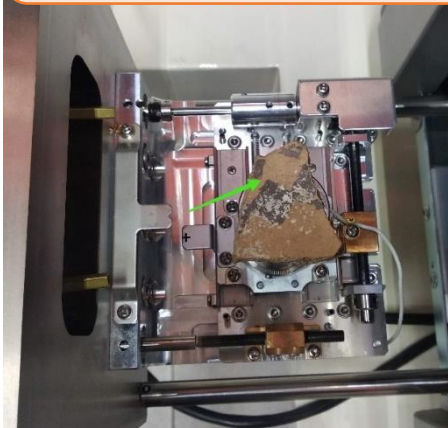
Muestra: 4 Grupo: "b"
Color: Púrpura Especular
Sección: Pigmento .28
Procedencia: Paredones
Interpretación:



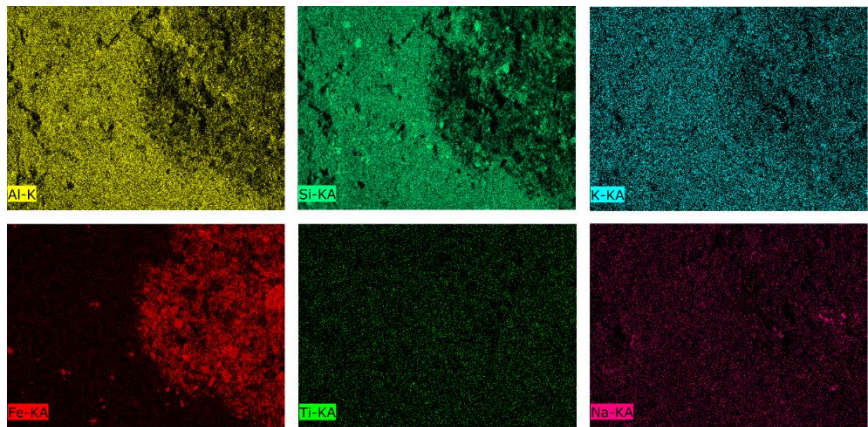
Spectrum: PIGMENTO Muestra 4

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]	
Iron	26	K-series	6396	57.84	56.06	28.35	1.7
Oxygen	8	K-series	5365	33.93	32.89	58.05	4.3
Silicon	14	K-series	1650	4.12	4.00	4.02	0.2
Aluminium	13	K-series	807	2.40	2.33	2.44	0.1
Carbon	6	K-series	102	2.14	2.07	4.87	0.7
Calcium	20	K-series	412	1.31	1.27	0.90	0.1
Magnesium	12	K-series	159	0.62	0.60	0.70	0.1
Potassium	19	K-series	218	0.59	0.57	0.41	0.0
Sodium	11	K-series	34	0.22	0.21	0.26	0.0
Total:			103.18	100.00	100.00		



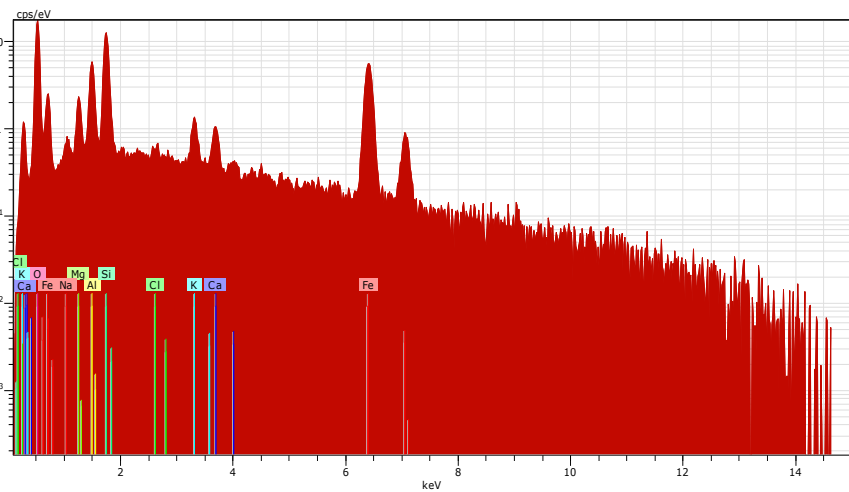


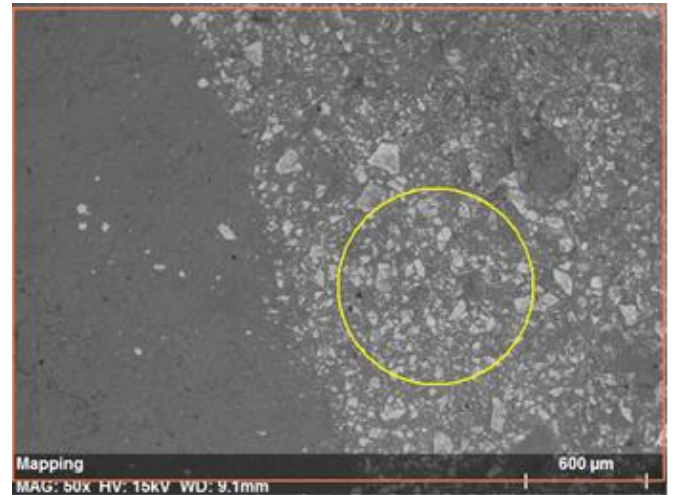
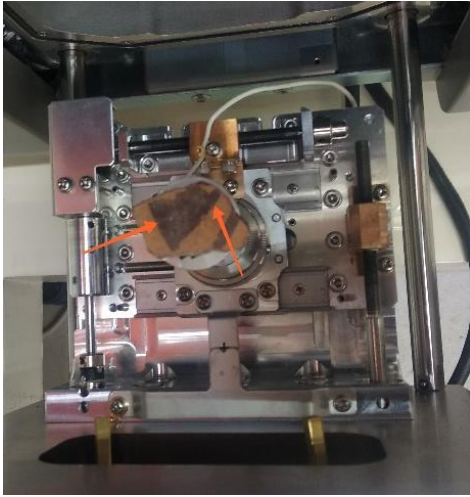
Muestra: 27 Grupo: "b"
Color: Púrpura Especular
Sección: Pigmento .215
Procedencia: Provedora
Interpretación:



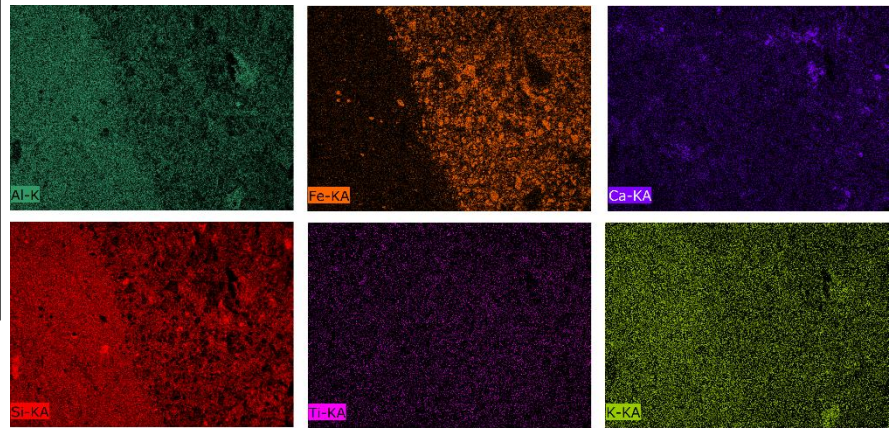
Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 27

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	
Oxygen	8	K-series	16706	37.73	37.76	60.15
Iron	26	K-series	12288	36.71	36.74	16.77
Silicon	14	K-series	15818	13.03	13.04	11.83
Aluminium	13	K-series	6402	5.91	5.92	5.59
Magnesium	12	K-series	2157	2.49	2.49	2.62
Potassium	19	K-series	1622	1.59	1.59	1.03
Calcium	20	K-series	1242	1.39	1.39	0.88
Sodium	11	K-series	524	0.93	0.93	1.03
Chlorine	17	K-series	172	0.14	0.14	0.10
Total:			99.92	100.00	100.00	



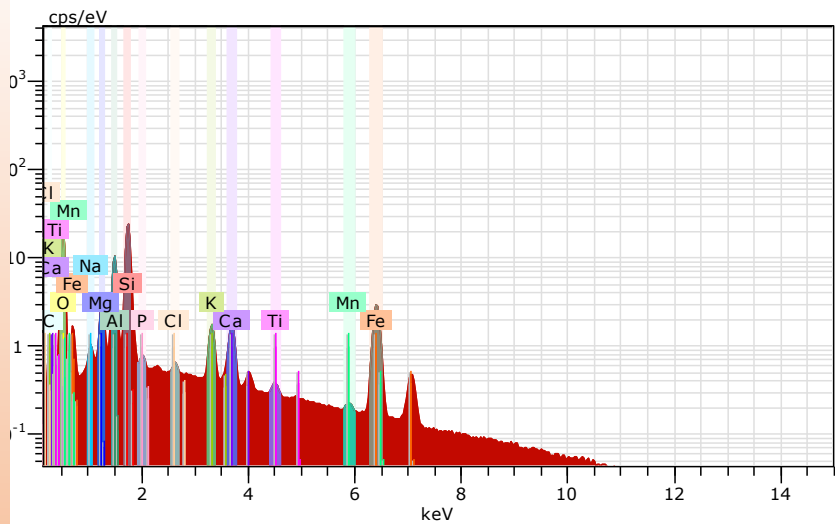


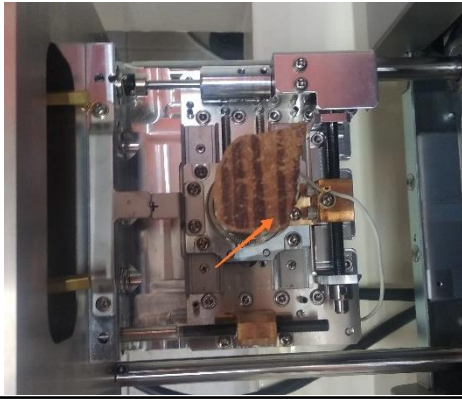
Muestra: 36 Grupo: "b"
Color: Púrpura Especular
Sección: Pigmento .287
Procedencia: Provedora
Interpretación: XXXX



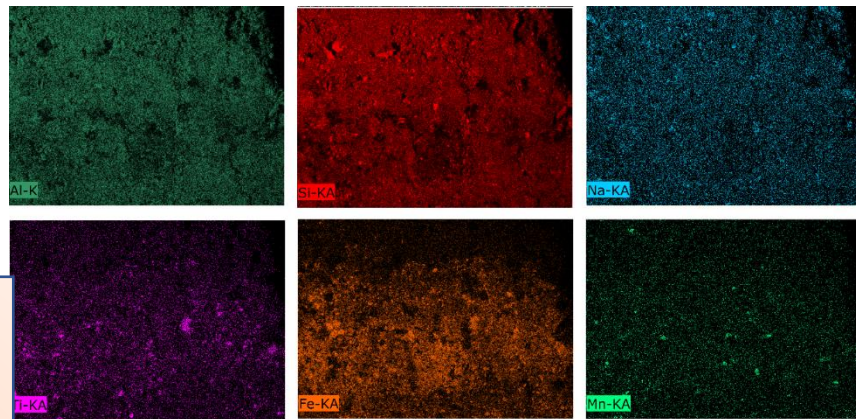
Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 36

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	99085	47.26	43.56	59.10 5.1
Iron	26	K-series	41819	24.96	23.01	8.94 0.8
Silicon	14	K-series	118452	16.51	15.22	11.76 0.7
Carbon	6	K-series	4086	6.69	6.17	11.14 0.9
Aluminium	13	K-series	39859	6.08	5.60	4.51 0.3
Magnesium	12	K-series	13899	2.59	2.39	2.13 0.2
Calcium	20	K-series	8599	1.73	1.60	0.87 0.1
Potassium	19	K-series	7167	1.22	1.12	0.62 0.1
Sodium	11	K-series	2247	0.63	0.58	0.55 0.1
Manganese	25	K-series	835	0.38	0.35	0.14 0.0
Chlorine	17	K-series	1087	0.16	0.15	0.09 0.0
Titanium	22	K-series	598	0.16	0.15	0.07 0.0
Phosphorus	15	K-series	731	0.11	0.10	0.07 0.0
Total:			108.49	100.00	100.00	



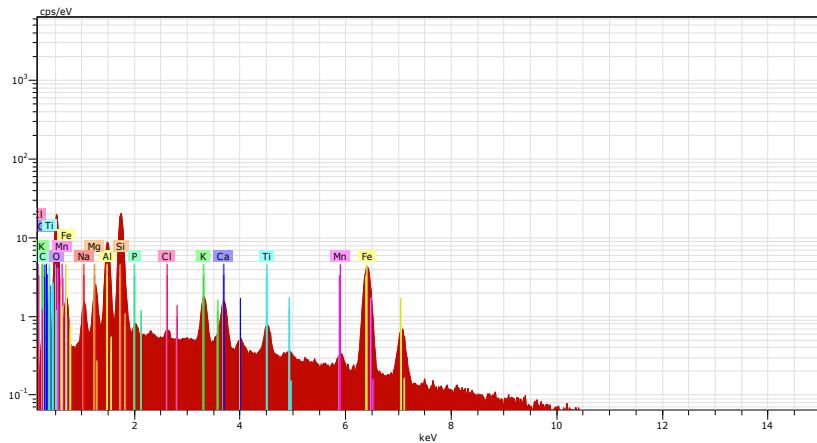


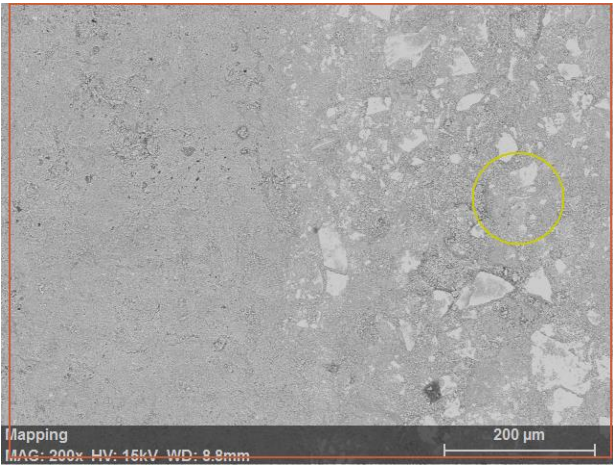
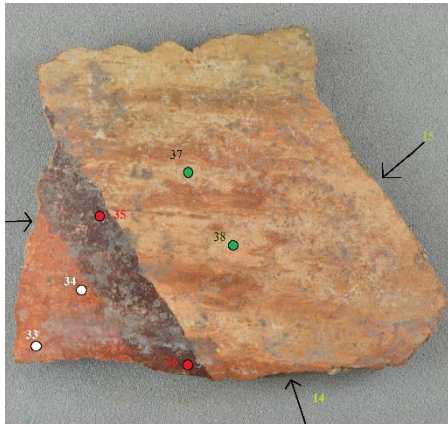
Muestra: 41 Grupo: "a"
Color: Púrpura
Sección: Pigmento .324
Procedencia: Tanques
Interpretación: -----XX



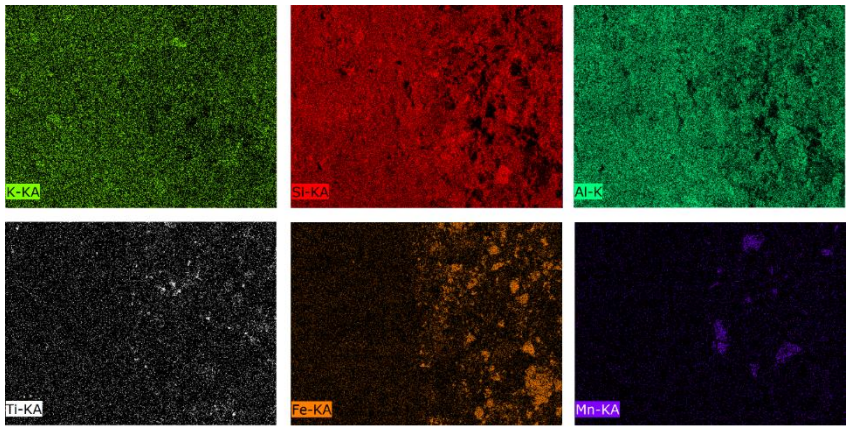
Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 41

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	124887	39.71	41.01	4.2
Iron	26	K-series	59376	21.28	21.97	0.6
Silicon	14	K-series	171549	16.15	16.68	0.7
Aluminium	13	K-series	65483	6.64	6.86	0.3
Carbon	6	K-series	4419	4.74	4.90	0.6
Magnesium	12	K-series	14013	1.75	1.80	0.1
Calcium	20	K-series	13343	1.68	1.73	0.1
Potassium	19	K-series	14642	1.54	1.59	0.1
Sodium	11	K-series	7681	1.42	1.47	0.1
Titanium	22	K-series	5819	1.01	1.04	0.1
Manganese	25	K-series	2219	0.60	0.62	0.0
Phosphorus	15	K-series	1810	0.19	0.20	0.0
Chlorine	17	K-series	1200	0.12	0.13	0.0
Total:			96.84	100.00	100.00	



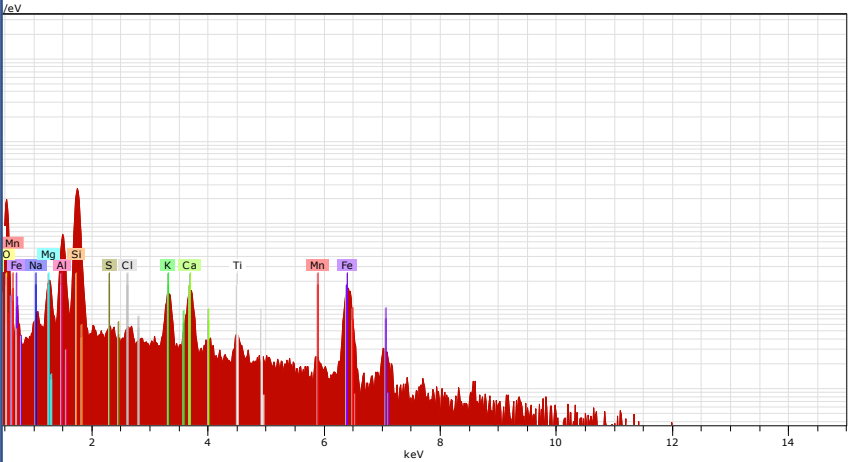


Muestra: 5 Grupo: "a"
Color: Púrpura
Sección: Pigmento .35
Procedencia: Paredones
Interpretación: XXXX



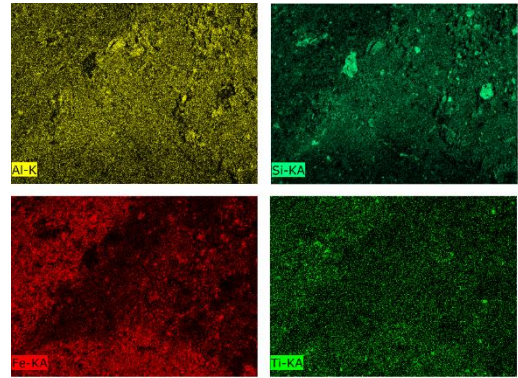
Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 5

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	16469	46.32	46.66	59.48 5.4
Silicon	14	K-series	31605	22.82	22.99	16.69 1.0
Iron	26	K-series	3295	10.32	10.40	3.80 0.3
Carbon	6	K-series	689	6.47	6.51	11.06 1.2
Aluminium	13	K-series	7530	5.73	5.78	4.37 0.3
Calcium	20	K-series	2130	2.38	2.40	1.22 0.1
Potassium	19	K-series	1868	1.76	1.77	0.92 0.1
Magnesium	12	K-series	1692	1.55	1.56	1.31 0.1
Sodium	11	K-series	463	0.63	0.64	0.56 0.1
Titanium	22	K-series	347	0.52	0.53	0.22 0.0
Manganese	25	K-series	170	0.42	0.42	0.16 0.0
Chlorine	17	K-series	237	0.20	0.21	0.12 0.0
Sulfur	16	K-series	178	0.14	0.15	0.09 0.0
Total:			99.28	100.00	100.00	





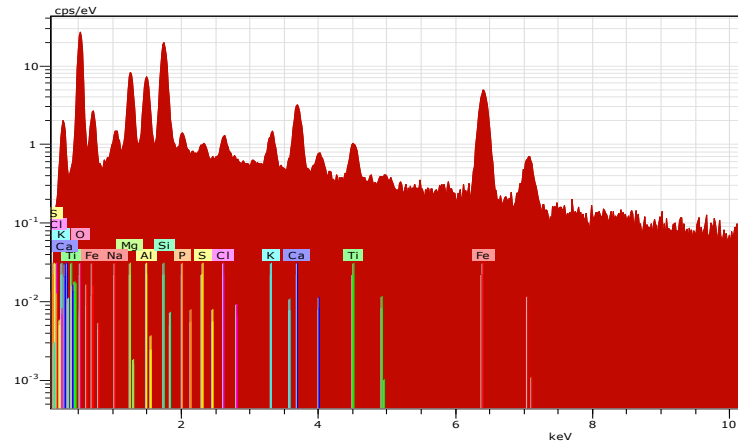
Muestra: 14 Grupo: "a"
Color: Púrpura
Sección: Pigmento .111
Procedencia: Paredones
Interpretación: XXXXX

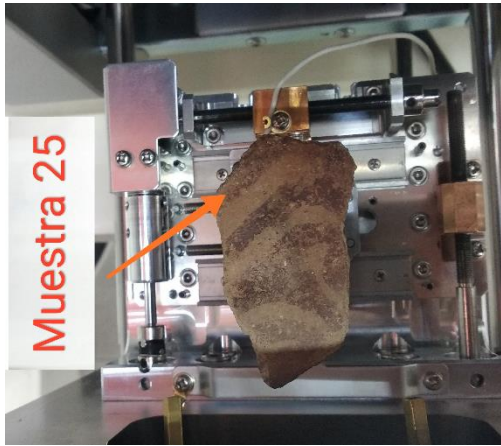


Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 14

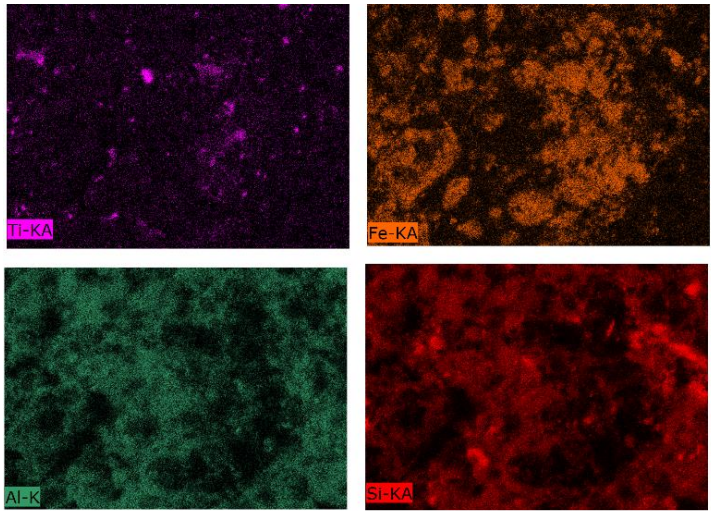
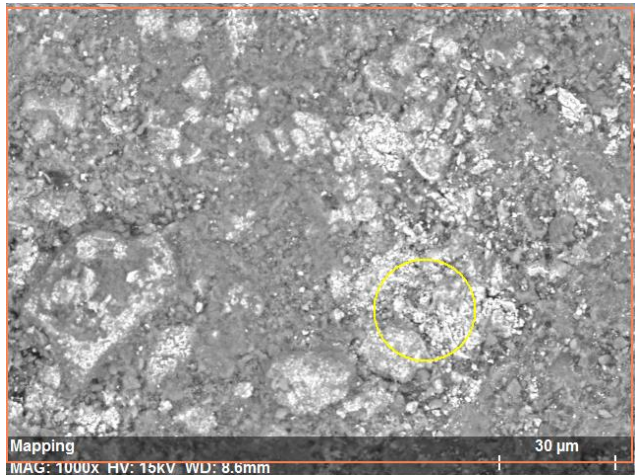
Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	30099	45.58	45.24	64.77 5.1
Iron	26	K-series	11896	22.23	22.06	9.05 0.7
Silicon	14	K-series	28728	13.53	13.43	10.95 0.6
Magnesium	12	K-series	10045	6.20	6.16	5.80 0.4
Aluminium	13	K-series	9165	4.82	4.79	4.06 0.2
Calcium	20	K-series	5514	3.49	3.47	1.98 0.1
Titanium	22	K-series	1456	1.27	1.26	0.60 0.1
Sodium	11	K-series	1353	1.25	1.24	1.24 0.1
Potassium	19	K-series	1703	0.91	0.90	0.53 0.1
Chlorine	17	K-series	1175	0.59	0.58	0.38 0.0
Phosphorus	15	K-series	1160	0.59	0.58	0.43 0.0
Sulfur	16	K-series	635	0.30	0.30	0.21 0.0

Total: 100.75 100.00 100.00



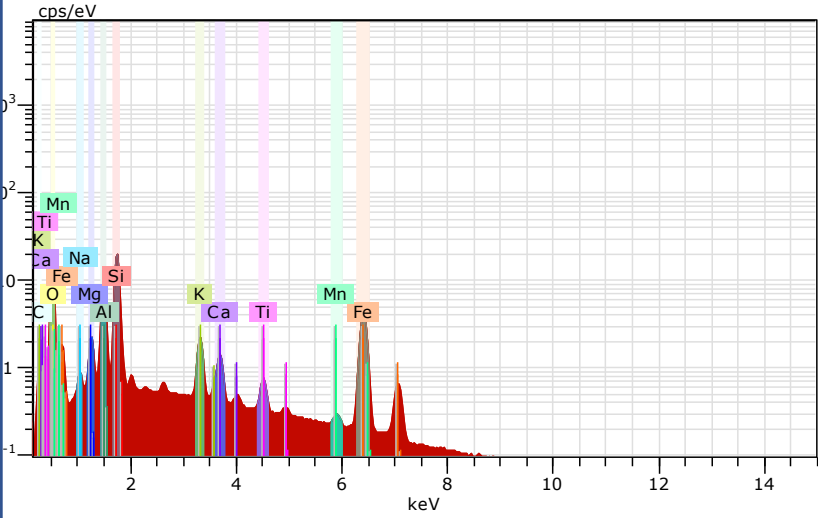


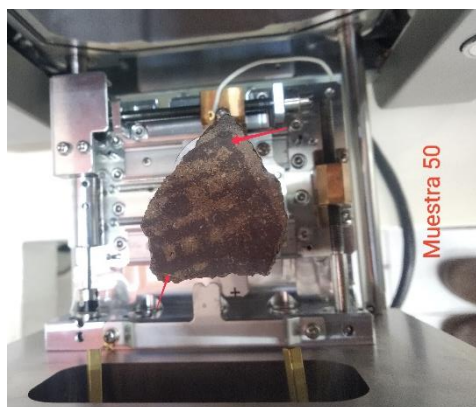
Muestra:25 Grupo: "a"
Color: Púrpura
Sección: Pigmento .201
Procedencia: Provedora
Interpretación: XXXXX



Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 25

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Iron	26	K-series	20971	41.84	40.35	18.32 1.2
Oxygen	8	K-series	20841	35.17	33.92	53.75 4.0
Silicon	14	K-series	18021	10.66	10.28	9.28 0.5
Aluminium	13	K-series	7358	4.95	4.78	4.49 0.3
Carbon	6	K-series	913	4.86	4.69	9.89 0.8
Titanium	22	K-series	1665	1.48	1.42	0.75 0.1
Potassium	19	K-series	2069	1.25	1.21	0.78 0.1
Magnesium	12	K-series	1285	1.11	1.07	1.11 0.1
Calcium	20	K-series	1518	0.98	0.94	0.60 0.1
Manganese	25	K-series	516	0.76	0.73	0.34 0.0
Sodium	11	K-series	477	0.64	0.62	0.68 0.1
Total:			103.69	100.00	100.00	





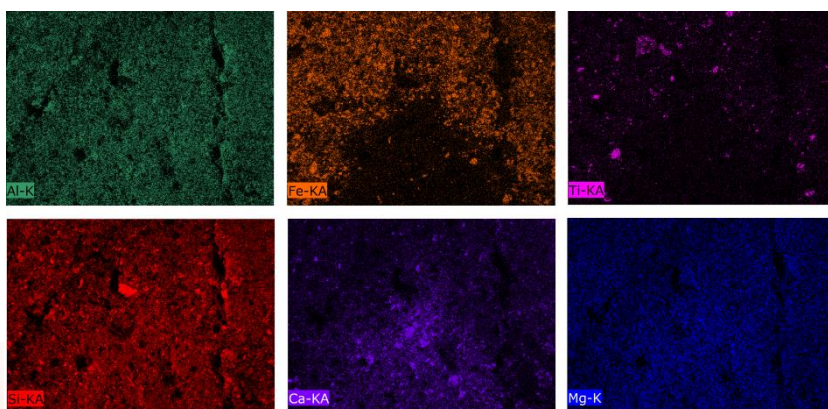
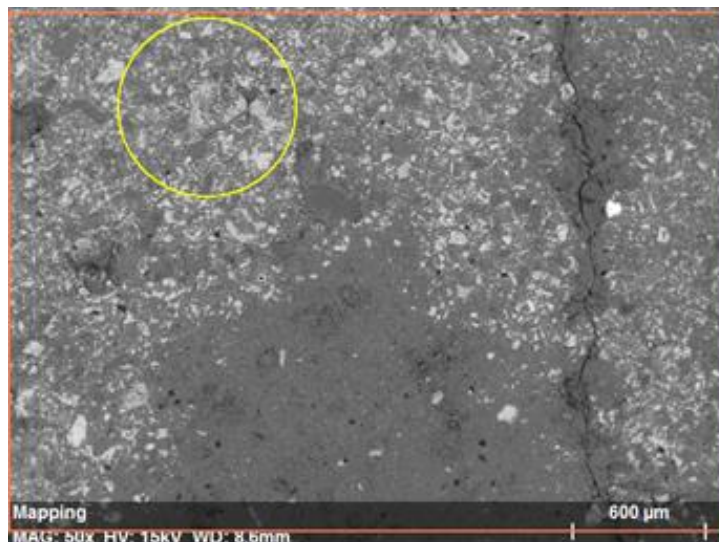
Muestra: 50 Grupo: "a"

Color: Púrpura

Sección: Pigmento .393

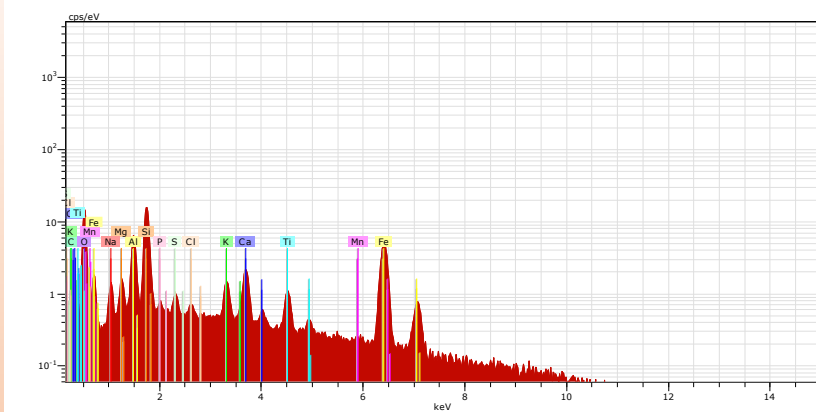
Procedencia: Tanques

Interpretación: XXXXX



Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 50

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	39314	35.29	36.38	52.27 3.9
Iron	26	K-series	28917	26.46	27.29	11.23 0.8
Silicon	14	K-series	54896	13.26	13.67	11.19 0.6
Carbon	6	K-series	2806	7.19	7.42	14.20 1.0
Aluminium	13	K-series	18762	5.01	5.17	4.40 0.3
Titanium	22	K-series	4031	1.85	1.91	0.92 0.1
Titanium	22	K-series	4031	1.85	1.91	0.92 0.1
Potassium	19	K-series	4994	1.44	1.49	0.88 0.1
Sodium	11	K-series	2799	1.41	1.45	1.45 0.1
Magnesium	12	K-series	3246	1.09	1.12	1.06 0.1
Sulfur	16	K-series	1615	0.39	0.41	0.29 0.0
Manganese	25	K-series	416	0.29	0.30	0.12 0.0
Chlorine	17	K-series	681	0.18	0.18	0.12 0.0
Phosphorus	15	K-series	494	0.13	0.13	0.10 0.0
Total:			96.99	100.00	100.00	

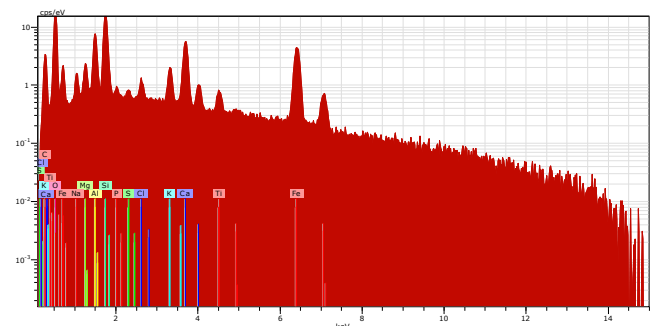
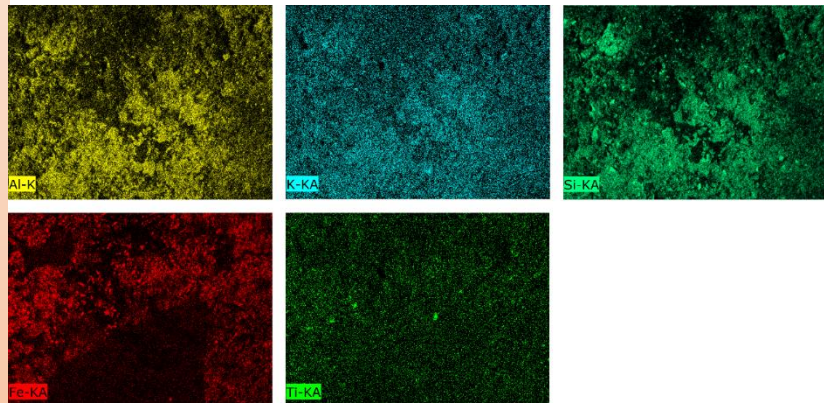




Muestra: 61 Grupo: "c"
Color: Púrpura
Sección: Pigmento. 480
Procedencia: Tanques
Interpretación: Foráneo

Spectrum: Point PIGMENTO Muestra 61

Element	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	
Oxygen	8	K-series	35272	40.25	40.11	51.32
Iron	26	K-series	18944	18.79	18.72	6.86
Carbon	6	K-series	5684	13.79	13.74	23.42
Silicon	14	K-series	41119	10.70	10.66	7.77
Calcium	20	K-series	18188	6.61	6.59	3.36
Aluminium	13	K-series	16182	4.62	4.61	3.49
Potassium	19	K-series	4997	1.53	1.53	0.80
Magnesium	12	K-series	3740	1.32	1.31	1.11
Sodium	11	K-series	2346	1.23	1.23	1.09
Titanium	22	K-series	1580	0.77	0.77	0.33
Chlorine	17	K-series	1814	0.51	0.51	0.29
Phosphorus	15	K-series	465	0.13	0.13	0.09
Sulfur	16	K-series	350	0.09	0.09	0.06
			Total:	100.34	100.00	



ANEXO III: TABLAS- FLUORESCENCIA DE
RAYOS X -

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
1	TPR	SON:E:13:6	Paredones	1	342	1519	4746	3517	1733	1160	331184	289	131	3758	1325
				2	453	1412	3683	7067	1748	1383	630741	237	235	2199	625
				3	404	1560	4109	5215	1920	1379	536075	270	139	3630	1037
				4	332	1627	5140	2395	1507	1062	330596	375	179	3525	1144
2	TPR	SON:E:13:6	Paredones	9	328	1483	4296	5847	2830	1831	387429	601	216	5249	1080
				10	461	1754	4079	4657	3214	2219	601258	339	198	3596	1107
				11	347	1494	4817	6194	3136	1846	367699	527	230	5036	1319
				12	347	1624	4299	6384	3186	2031	324990	571	172	4722	1046
3	TPR	SON:E:13:6	Paredones	17	418	1618	3674	4118	11381	3212	435263	401	219	1809	1543
				18	370	1618	4658	5855	9516	3952	344859	680	256	1731	1713
				19	429	1844	4514	4179	9716	2926	427741	540	132	1825	2600
				20	432	2131	6084	4523	8260	2467	290284	681	106	1963	2257
4	TPR	SON:E:13:1	Paredones	25	467	1969	5983	14005	2129	2185	534066	468	120	1478	1266
				26	454	1489	4915	17705	1915	3647	571776	339	259	1226	835
				27	365	1205	4264	22261	1171	2550	485038	382	240	1618	838
				28	412	1315	3968	9260	1813	2882	508526	441	189	1460	1027
5	Policromo	SON:E:13:1	Paredones	35	396	1516	5852	45073	8680	1682	283415	495	188	3116	1227
				36	367	2047	6087	18465	7704	1783	283567	12	143	225	423
6	TPR	SON:E:13:6	Paredones	39	421	1169	2639	11428	18915	4277	661953	326	620	1797	2009
				40	413	1670	3777	16137	14551	3598	534795	395	817	2767	1972
				41	418	1245	2489	14380	17259	3971	645991	355	527	1900	3302
				42	363	1175	3124	11939	15021	3437	449313	345	1168	2444	1870
7	TPR	SON:E:13:10	Paredones	47	407	1709	3990	5578	14939	3243	554792	337	433	946	2346
				48	382	2041	4372	6568	11476	2521	413122	381	890	2963	1510
				49	418	1847	4067	5974	12623	2741	513193	307	681	1769	2309
				50	478	1965	4360	5787	10553	2403	463106	335	673	2038	2836

Tabla 10. Datos composicionales determinados por FRX para pigmento en las 61 muestras cerámicas.

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
8	TPR	SON:E:13:10	Paredones	55	564	2808	8744	4946	11952	2919	490960	577	1364	2455	1996
				56	524	2361	6755	3612	9982	2538	389082	437	1009	1856	1378
				57	456	2316	7569	3893	8881	2391	340945	504	1166	2127	2314
				58	480	2684	8229	4349	6635	2104	261223	500	1552	2354	1726
9	TPR	SON:E:13:1	Paredones	71	422	2073	4266	26330	5808	2626	479942	344	672	1522	1691
				72	415	1926	4708	7244	8052	3482	484869	423	1041	1640	1332
				73	409	1787	3864	19546	7663	3090	614869	333	390	817	2036
				74	380	1551	3358	28134	6998	2713	483609	297	607	1786	1433
10	TPR	SON:E:13:1	Paredones	79	357	1887	4161	5582	10492	1947	289517	440	777	5487	1540
				80	364	2112	5687	4632	7842	1939	246492	549	1069	3788	1529
				81	325	1456	3508	5254	14146	2682	386680	583	495	2389	1141
				82	393	2623	5182	5630	10926	2464	341795	573	614	3169	1738
11	TPR	SON:E:13:1	Paredones	87	348	1703	3598	28308	3004	2404	431098	472	583	2879	1231
				88	387	2040	3642	19939	2468	2473	528601	410	534	2123	1307
				89	405	2108	4420	22849	3324	2230	443203	416	268	1929	1042
				90	357	1591	3407	17395	2118	1856	562624	323	351	1326	784
12	TPR	SON:E:13:9	Paredones	95	312	1239	2757	2522	2403	1197	486080	264	404	1333	655
				96	344	1456	3338	2596	2119	1567	500651	260	741	1849	957
				97	412	1353	3765	2789	2430	1764	567990	183	494	1902	782
				98	425	1908	4414	2924	2603	1381	591206	290	660	1434	798
13	TPR	SON:E:13:11	Paredones	103	364	1454	4033	9635	4622	17166	439110	367	887	1510	815
				104	420	1184	3246	4501	6731	19234	549761	387	674	1241	1802
				105	414	1353	3601	3929	5503	28546	511665	378	920	1641	1118
				106	432	1406	3245	5184	6502	24807	620323	364	865	1319	1001
14	TPR	SON:E:13:11	Paredones	111	312	946	1852	15660	21741	3586	552995	331	425	2343	1217
				112	315	1273	2507	14853	12978	2271	414026	318	666	3274	1403
				113	309	1335	2437	15860	12716	2355	441897	373	807	2840	1621
				114	297	1276	2426	18683	12024	2498	407165	400	788	3049	1602

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
15	TPR	SON:E:13:11	Paredones	119	428	1247	3132	2656	15164	15966	565311	553	763	1826	1240
				120	430	1626	4158	5670	14518	22561	588563	568	457	2164	1190
				121	358	1292	3068	3018	11819	18307	501042	513	898	2123	959
				122	373	1713	4353	7152	8030	9920	338396	572	999	3053	1190
16	TPR	SON:E:13:11	Paredones	127	356	2439	5376	6674	6418	2987	196863	390	1086	3909	1439
				128	319	2379	5071	6832	5878	1794	191976	553	975	4456	1325
				129	364	2168	6283	6576	6651	2364	247302	417	978	4157	1091
				130	470	2537	5890	8834	5461	2047	242585	513	1048	4810	1034
17	TPR	SON:E:13:11	Paredones	135	360	2399	7492	11400	5244	1558	158692	699	953	6515	1381
				136	365	2041	5403	7589	9336	2544	274435	641	657	5977	1558
				137	355	1798	4498	10925	11860	3177	459805	525	538	4156	1394
				138	295	1582	4653	9289	9050	2139	325454	509	698	4597	1156
18	TPR	SON:E:13:6	Paredones	143	340	1492	3547	4487	12657	2220	374182	481	805	3098	3874
				144	425	1849	4396	5226	13627	2335	374261	396	859	4088	1365
				145	316	1155	2772	3833	16974	2862	474169	366	743	2299	1087
				146	250	1378	3707	5388	13370	2367	297205	364	882	3246	1219
19	TPR	SON:E:13:6	Paredones	151	454	2075	4007	4787	15936	3530	494919	485	606	1882	2845
				152	385	1714	3621	3859	16272	3336	426632	399	685	1753	3802
				153	390	1688	2882	3205	12777	3089	457998	309	512	1216	2416
				154	358	1662	3727	3296	11979	3430	396272	411	704	1773	1899
20	TPR	SON:E:13:6	Paredones	159	347	1794	4529	3395	7905	3824	376221	348	660	2386	829
				160	431	1803	4270	4056	13570	5186	452702	404	727	2791	1640
				161	416	2502	5800	4363	6762	2224	269396	491	879	3059	1365
				162	595	2701	6123	5508	9335	8026	581964	429	619	1923	1033

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
21	TPR	Ballena	Proveedora	167	412	1819	3449	5735	12980	8909	428054	640	739	3090	-
				168	375	1631	3309	3845	16886	11245	447000	542	787	2494	-
				169	330	1352	2919	4480	11924	12792	415331	578	629	3380	-
				170	337	1509	3218	5527	12532	8236	407355	522	691	3167	22
22	TPR	Insolación	Proveedora	175	410	2025	5651	11623	12132	4271	510579	281	426	2352	334
				176	396	2406	6250	10050	9306	3207	336886	439	627	3890	-
				177	349	2299	4826	19869	9814	2952	334307	336	707	2854	213
				178	361	2373	5405	17890	11308	3648	355815	315	616	2759	135
23	TPR	Calera-Estructuras	Proveedora	183	425	1540	3194	5000	1930	2174	646618	264	404	1177	65
				184	465	1438	2981	4668	2415	2407	644294	244	343	1025	305
				185	389	1915	3057	6003	2303	2045	546770	306	437	1258	-
				186	383	2094	4167	5287	2684	2115	453699	404	637	2028	401
24	TPR	Calera-Negro	Proveedora	191	406	1683	3946	4804	16777	3066	514052	387	282	687	255
				192	482	1699	4478	3972	17108	3234	509638	447	471	1059	442
				193	586	2143	5237	4982	14369	3215	572304	500	368	949	355
				194	564	2195	5614	4398	15221	3026	525478	458	592	1286	438
25	TPC	Calera-Negro	Proveedora	199	365	1818	5028	5364	9108	2508	246033	517	935	1718	-
				200	428	1604	3924	5826	19552	3911	518706	384	546	1055	976
				201	420	1538	3624	8620	19052	4430	458054	384	856	1352	491
				202	416	1624	4272	7991	15843	3923	425842	410	864	1512	1015
26	TPR	Calera-T15	Proveedora	207	404	1642	2434	7306	20180	3600	496403	544	382	1377	528
				208	396	1778	2544	7469	19573	3763	466780	476	463	1433	1202
				209	386	1733	2545	9018	19854	3843	482038	633	510	1530	40
				210	378	1527	2038	7758	20225	3518	522655	577	454	1131	577

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
27	TPC	Calera-Pashes	Proveedora	215	343	1433	2792	3572	1724	1781	557848	153	537	1192	131
				216	438	1415	2729	4607	1576	2174	628305	198	469	1056	73
				217	396	1289	2678	11094	1287	2400	645363	188	461	1308	136
				218	411	1843	4159	3125	2235	1883	459209	237	800	2155	858
28	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	223	442	1485	3373	5465	23130	3812	476329	372	626	1326	-
				224	324	1512	4104	7923	16956	2565	450146	323	735	1386	75
				225	383	1958	5466	6725	17635	3795	410088	400	859	1593	75
				226	405	2261	5785	6432	22254	4830	390405	535	955	1899	16
29	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	231	444	1778	4625	5904	2345	2182	466268	294	686	1591	48
				232	434	1912	4156	7355	2640	2022	531285	178	707	1354	269
				233	436	1703	4432	6127	2421	1911	512050	316	632	1660	-
				234	431	1725	4421	7768	2220	2033	482973	314	657	1714	54
30	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	239	382	1603	5251	15966	2848	1534	351275	337	716	2304	196
				240	362	2425	6194	14525	4775	1821	149224	501	1283	2214	-
				241	356	1607	4474	13151	2391	1494	321639	335	538	2655	804
				242	325	1443	4202	10505	2529	1730	303272	314	663	2328	22
31	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	247	351	1552	3520	5739	2930	3778	370621	377	632	2159	-
				248	393	1507	3320	12171	2945	2579	451247	302	679	1896	-
				249	429	1542	3230	12841	2231	2069	496416	278	507	2236	-
				250	331	1638	2494	34068	2514	2507	402693	333	501	1840	672
32	TPR	avispas Terraza	Proveedora	255	401	1286	2418	3027	23040	12412	628169	278	217	468	224
				256	405	1367	2903	3219	16314	6263	604915	337	311	1312	938
				257	446	1519	3558	3205	14235	6313	670927	282	249	739	109
				258	414	1770	3712	4073	13866	8999	555372	381	468	2276	258

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
33	TPC	vacas muertas	Proveedora	263	366	2196	5049	9337	5985	6319	280758	615	608	2791	102
				264	372	2019	5054	9022	8638	2857	368304	479	763	2323	-
				265	362	2033	5382	18476	4128	3052	303255	517	600	2782	215
				266	403	2666	5421	10095	10625	2456	216701	536	624	3032	68
34	TPR	T4	Proveedora	271	470	1680	3437	5325	16562	4475	605873	419	262	667	368
				272	500	2064	4202	7910	11086	7904	457667	473	333	1113	456
				273	477	2006	4221	7538	9257	6766	436777	478	471	2475	-
				274	405	2029	4260	7598	9456	2533	367338	534	778	4000	611
35	TPR	Calera-Punta Rota	Proveedora	279	472	1559	3068	4712	17028	3933	664905	478	226	1485	562
				280	536	2062	3722	5606	17449	3634	650224	400	220	2033	298
				281	453	1491	3379	4460	13780	3795	484099	419	368	3308	0
				282	448	1351	2582	4716	17938	3509	730244	397	245	1192	480
36	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	287	357	1717	2035	15838	1237	2166	550268	165	434	1337	-
				288	396	1723	2044	13785	1138	3015	569888	217	403	1572	-
				289	345	1690	2425	6685	1435	2434	548556	310	410	1477	-
				290	366	1543	2136	8669	1452	2674	578622	293	704	1566	-
37	TPR	Calera-Pashes	Proveedora	295	363	1850	3579	30170	2006	1428	483338	299	882	1531	394
				296	373	1924	3827	39451	1889	1648	384596	253	889	1802	579
				297	345	1592	3702	14206	2041	2153	446901	189	807	1929	196
				298	406	1635	3968	5027	2833	2034	576577	251	571	1312	-
38	TPR	Calera-Pozo	Proveedora	303	382	1472	3244	3118	2043	2062	542816	240	558	1308	-
				304	428	1749	3026	3059	2843	2053	573993	218	515	1281	133
				305	478	1681	3382	3103	2368	2454	681122	204	427	797	12
				306	472	1615	3462	3010	2371	2186	589264	344	468	1073	99
39	Policromo	coyote muerto	Proveedora	311	439	1392	3387	6060	13841	5963	613870	311	466	1584	993
				312	423	1082	2441	5678	12792	5671	620977	455	266	1541	218

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
40	Policromo	T2	Proveedora	317	450	1596	3407	3227	24324	7178	486473	472	752	1559	298
				318	448	1562	4145	3442	30850	6602	516541	585	518	1049	170
41	TPR	SON:E:9:3	Tanques	323	356	1525	3539	7364	10228	6859	337174	439	785	2649	280
				324	348	1355	3274	6595	12727	9230	363726	436	804	2615	186
				325	397	1646	3395	5847	11347	7262	370607	443	776	2432	-
				326	356	2040	4287	7635	7933	4806	242443	463	1072	2459	-
42	TPR	SON:E:9:3	Tanques	331	399	1734	3137	3069	8787	6308	432549	409	908	2148	-
				332	365	1523	3101	3306	8975	9310	450861	446	834	2778	-
				333	367	1513	3604	3404	10938	5553	389140	480	890	2338	-
				334	520	1621	3099	3287	11373	6541	649441	531	403	1013	266
43	TPR	SON:E:9:3	Tanques	339	412	1528	3672	4692	12288	6513	559200	339	415	1081	319
				340	452	1700	3983	8885	13031	6089	529496	365	430	1493	87
				341	491	1746	4477	7890	14465	7866	606418	414	328	1462	458
				342	362	1308	3653	7951	12069	4290	462339	346	489	1319	588
44	TPR	SON:E:9:3	Tanques	347	442	1916	4844	5421	12072	6919	506902	421	409	1218	259
				348	436	1665	4591	8599	13064	5828	533425	402	403	1465	202
				349	397	1540	3345	11338	11109	5421	403619	367	500	1421	345
				350	371	1801	4136	4013	8408	3300	327441	362	631	1901	96
45	Policromo	SON:E:9:3	Tanques	355	375	2056	4263	18732	10789	4541	329733	432	643	2616	1378
				356	365	1689	3802	9143	11560	5343	400261	374	763	2431	-
46	TPR	SON:E:9:17	Tanques	361	350	1195	3800	6019	16917	11424	499830	457	709	2161	-
				362	409	1471	4227	10996	20970	10743	541872	550	488	2261	98
				363	448	1911	4215	4954	14130	2140	418222	433	601	2342	580
				364	421	1718	3300	4735	17960	2549	477031	422	587	1743	2542

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
47	TPR	SON:E:9:17	Tanques	369	404	1677	3883	4394	16287	2387	380603	423	679	2509	158
				370	354	1257	2594	9574	12592	3033	558221	356	714	2587	750
				371	391	1044	2018	7168	17790	3517	686081	361	569	1763	389
				372	346	1128	2189	7304	13899	2944	587870	469	482	1741	751
48	TPR	SON:E:9:3	Tanques	377	332	962	2184	6262	12544	2675	541932	335	506	2001	951
				378	428	1914	4994	4758	10191	2031	418895	485	901	1806	525
				379	381	2010	5169	5937	8702	2013	348369	453	828	1999	219
				380	419	1712	4139	4413	8760	2372	560814	372	402	982	842
49	TPR	SON:E:9:3	Tanques	385	395	2288	6441	6629	4831	1219	164136	519	972	4124	-
				386	408	2251	6613	7901	8593	4458	267293	372	1053	3314	114
				387	251	1134	3620	7999	14485	8706	414261	437	1159	2606	-
				388	433	1959	5383	4541	6634	8991	439871	478	855	1814	-
50	TPR	SON:E:9:3	Tanques	393	528	2076	4678	4604	10305	7896	562919	509	412	1070	249
				394	425	1741	4840	4942	9220	5932	368645	470	724	2403	-
				395	535	2250	6084	5533	9113	7869	496636	558	725	1590	15
				396	348	1300	5978	7481	6953	3530	304926	476	1330	1315	-
51	TPR	SON:E:9:3	Tanques	401	361	1458	5664	5003	6690	3169	309680	516	1261	1419	-
				402	410	1137	3366	3564	8585	6409	475131	457	1190	1260	26
				403	353	1159	3762	5135	9739	4884	440853	471	1112	1200	-
				404	380	1661	4880	3076	13482	2188	359507	449	928	1653	585
52	TPR	SON:E:9:3	Tanques	409	394	1272	3065	3699	22438	4262	543229	323	730	1336	1615
				410	438	2007	5759	2596	12848	2339	367348	378	988	1508	358
				411	409	1581	3811	2943	20719	3431	552678	341	888	1309	1017
				412	428	1780	3233	6507	11934	2852	618426	249	339	648	640
53	TPR	SON:E:9:3	Tanques	417	404	1652	2712	9819	13905	3616	575112	411	438	1227	476
				418	446	1929	3296	11749	14548	2765	555660	417	311	863	2127
				419	421	1494	3007	10134	18659	3125	536688	331	367	1037	469
				420	414	1740	3591	10453	28215	4481	468183	470	641	1471	345

Muestra	Tipo cerámico	Sitio	Sector	ID Lectura	Al-Ka	Si-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka	Zr-Ka
54	TPR	SON:E:9:3	Tanques	425	465	1877	3616	7957	28274	4834	452710	480	840	1506	412
				426	362	1779	3156	7959	27234	4382	492986	420	729	1479	4565
				427	172	627	2397	5205	1436	835	255214	167	318	470	-
				428	431	1634	3893	15453	26231	4413	476058	478	689	1573	730
55	TPR	SON:E:9:10	Tanques	433	365	1835	5247	6220	7692	1096	211300	499	893	2720	500
				434	353	1705	3699	5408	14200	2142	361275	443	561	2745	380
				435	390	1702	3550	5212	14389	2213	425985	353	453	1591	130
				436	390	1702	3550	5212	14389	2213	425985	353	453	1591	130
56	Policromo	SON:E:9:20	Tanques	441	415	2016	6196	9539	10227	1968	354265	606	714	1826	491
				442	491	2266	7597	9502	10143	2775	490574	463	546	1296	710
57	TPR	SON:E:9:20	Tanques	447	428	2369	6083	5726	9535	2104	392141	470	476	1450	84
				448	397	1938	5779	5511	10396	2324	440973	467	363	1078	190
				449	471	1682	5982	9689	2873	2036	513320	375	652	1730	16
				450	335	1179	4266	10595	4470	2405	469551	333	647	1031	104
58	TPR	SON:E:9:3	Tanques	455	401	1537	5151	7972	2680	1601	477439	338	630	1587	-
				456	433	1665	3692	4906	10047	17608	519713	510	758	2042	636
				457	402	1722	3842	4740	9389	14563	478602	531	858	2081	834
				458	427	2519	4943	6949	7186	9919	372463	528	1344	2644	184
59	TPR	SON:E:9:3	Tanques	463	446	2236	4711	7568	6797	12132	386525	487	1018	2059	219
				464	367	1592	4307	7529	7206	22238	482273	516	571	1461	-
				465	364	1584	4208	8611	8423	15384	359129	577	978	2232	-
				466	409	1614	4939	4590	10288	5018	389427	444	727	1796	170
60	TPR	SON:E:9:3	Tanques	471	348	1534	5325	4720	7561	5254	318936	511	723	1633	135
				472	362	1951	6501	4460	7401	3480	266919	508	830	1551	262
				473	410	1583	4811	4086	12389	6507	399666	501	683	1890	305
				474	438	1811	3623	5021	18814	2877	541120	475	465	1534	565
61	TPC	SON:E:9:3	Tanques	479	357	1467	4462	13683	11448	3120	427021	422	-	-	1972
				480	384	1699	5195	11191	13100	2922	379332	489	1374	1336	2779
				481	347	1079	3334	39123	12494	3575	504160	375	726	1376	3369
				482	333	2111	8571	22948	3802	1829	106716	710	2855	1835	1497

ANEXO
IV:
DATOS
ESPECTR
OCOLORÍ
METRO -
RUBY-

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
1	1	47.0	6.549271	2.67952	25177
	2	47.914059	6.732376	4.339737	27363
	3	50.721764	6.659134	4.205444	28561
2	4	34.60799	9.27153	5.902283	30585
	5	38.209175	8.75882	6.280716	31627
	6	41.566212	8.539078	6.805634	32444
3	7	45.07584	10.809662	9.784241	1830
	8	41.413616	10.272537	7.855469	2519
	9	43.458359	8.844269	7.02536	3972
4	10	53.193764	5.072174	7.525864	6396
	11	35.40147	7.452621	8.893097	7274
	12	41.596729	9.491257	8.258316	8048
5	13	43.61095	8.551285	5.16983	9703
	14	46.26606	7.208466	5.121002	11211
	15	42.878506	7.733383	4.766998	1720

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
6	16	31.250954	9.137238	4.510635	13694
	17	31.861324	7.269516	3.680527	14501
	18	33.60088	6.476028	2.935883	15031
7	19	37.965027	9.576706	6.219666	16256
	20	48.707542	9.60112	7.831055	17020
	21	47.517319	9.051788	6.378372	17539
8	22	39.307838	10.382401	8.514664	18788
	23	37.202065	7.257309	5.987732	19330
	24	37.415691	7.574692	5.841248	19994
9	25	34.546951	9.430222	6.195251	22596
	26	34.39436	9.418015	4.876862	23335
	27	32.13599	7.354965	3.375351	23864
10	28	36.988434	10.455643	8.88089	25370
	29	34.21125	8.75882	4.828033	26215
	30	33.906063	9.503464	5.377365	26683
11	31	40.314953	7.110809	5.951111	27501

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	32	41.169468	7.245087	5.987732	27886
	33	43.275246	7.940918	6.292923	28896
12	34	34.760582	6.500443	4.376358	30162
	35	31.708731	7.538071	6.439407	30517
	36	33.234657	7.635727	5.511642	31014
13	37	43.885616	8.172852	7.29393	1491
	38	46.632282	9.686569	6.414993	1875
	39	45.106358	9.051788	7.135223	2232
14	40	34.7911	7.489243	2.581863	3374
	41	37.568287	9.21048	5.804626	4527
	42	34.974213	8.929718	5.902283	5447
15	43	36.408581	7.281723	4.388565	6230
	44	34.150211	9.808655	5.352951	6641
	45	49.104282	8.600113	7.000946	7134
16	46	42.573322	9.894104	8.478043	8170
	47	42.512283	10.748611	8.929718	9273

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	48	52.552872	8.417007	9.918518	9789
17	49	32.593769	5.999939	3.692734	10879
	50	38.27021	8.294937	6.146423	11489
	51	33.936581	5.182037	3.704941	12359
18	52	37.385174	9.820862	5.609299	13041
	53	41.383099	8.526871	6.207458	13544
	54	36.133915	9.906311	6.756805	13978
19	55	34.150211	9.979553	6.744583	15572
	56	35.859249	10.602127	7.403793	16001
	57	35.981323	9.99176	6.476028	18636
20	58	39.704582	10.907318	7.89209	21040
	59	41.627247	10.821869	7.831055	11933
	60	37.018951	10.309158	6.988739	22350
21	61	38.453323	11.200287	7.721176	28952
	62	44.00769	9.247101	5.853455	29757
	63	42.023987	10.357986	7.586899	30262

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
22	64	47.608875	8.453629	5.841248	31593
	65	50.447098	8.563492	7.159637	32485
	66	48.554947	8.539078	5.450607	193
23	67	42.939545	10.516678	9.613327	1132
	68	42.085026	9.930725	9.283737	1680
	69	43.39732	9.955139	9.088409	2279
24	70	41.169468	10.016174	7.464828	3065
	71	41.688286	13.092438	13.641769	3569
	72	39.216286	9.930725	7.171844	4981
25	73	41.169468	9.955139	8.392593	5833
	74	41.291542	8.73439	7.684555	8957
	75	43.275246	8.587906	9.125031	9482
26	76	39.796135	10.26033	9.051788	10572
	77	47.94458	9.735397	10.956146	5876
	78	47.730949	9.710983	11.468857	16625
27	79	47.604075	10.316678	9.213327	4481

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	80	47.730949	10.26033	10.956146	10572
	81	38.415691	9.955139	9.613327	9789
28	82	45.289467	6.378372	6.817841	17461
	83	50.019836	5.084381	5.865662	17958
	84	50.752281	5.658127	5.670334	18423
29	85	39.460434	11.395615	9.710983	292
	86	42.268135	11.297958	11.163666	1642
	87	36.164433	10.760834	8.185059	2400
30	88	42.237617	6.109802	5.91449	2938
	89	45.47258	5.658127	5.182037	3541
	90	41.444138	6.915497	5.011139	3885
31	91	42.023987	6.830048	6.231873	4611
	92	45.07584	6.451614	7.159637	5348
	93	40.223396	7.550278	7.110809	5825
32	94	50.782799	10.089417	11.041595	6607
	95	41.566212	10.248108	10.626541	6950

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	96	45.014801	10.528885	10.992767	7802
33	97	35.79821	7.696762	6.03656	8909
	98	36.500137	6.854462	5.841248	9277
	99	36.86636	6.805634	5.377365	10059
34	100	43.00058	6.769012	6.366165	10991
	101	42.573322	6.195251	7.391586	11329
	102	44.221321	6.463821	8.392593	11699
35	103	42.237617	9.540085	8.001953	12675
	104	39.124729	10.394608	8.13623	18255
	105	35.309914	10.174866	7.135223	18685
36	106	46.327099	5.670334	3.265488	19609
	107	60.335094	5.877869	7.62352	20059
	108	65.889465	4.913483	8.673355	20671
37	109	43.79406	6.097595	5.230865	21636
	110	41.993469	5.706955	4.4496	22043
	111	32.563251	5.91449	4.18103	22588

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
38	112	54.902798	7.684555	8.539078	23568
	113	46.418652	7.281723	8.28273	23983
	114	43.641468	8.160645	9.881897	24339
39	115	39.7351	7.061981	5.597092	28139
	116	39.094212	8.392593	6.90329	28521
	117	38.819546	8.160645	6.476028	29108
40	118	54.780724	7.281723	6.500443	29832
	119	48.585468	6.769012	5.499435	30222
	120	51.484726	6.585892	6.353958	31088
41	121	47.05954	9.051788	6.097595	2122
	122	46.967987	9.137238	5.682541	2866
	123	43.458359	10.406815	6.366165	4129
42	124	52.430798	4.242065	3.375351	4786
	125	48.890652	5.462814	3.33873	5138
	126	48.158207	4.535049	2.423172	5518
43	127	38.789024	9.222687	6.695755	6523

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	128	34.089176	10.565506	6.549271	7150
	129	37.965027	10.272537	7.452621	7551
44	130	42.542801	6.866669	5.841248	8465
	131	39.551987	9.332565	6.549271	8886
	132	35.096287	7.354965	5.218658	10096
45	133	45.991394	7.855469	5.267502	13322
	134	47.181614	8.294937	4.828033	13691
	135	55.513168	7.477036	6.146423	14328
46	136	53.407391	6.720169	3.216644	15413
	137	63.051239	7.037567	8.61232	15828
	138	56.917019	7.586899	7.123016	16752
47	139	51.850948	8.954132	6.927704	17507
	140	44.099247	9.60112	7.135223	18228
	141	47.395245	8.966339	7.318344	18625
48	142	39.155247	8.746597	4.791412	21757
	143	39.857174	8.148438	3.912476	22104

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	144	44.953766	6.756805	4.339737	22484
49	145	38.178654	10.492264	5.084381	23120
	146	39.643543	8.258316	5.291916	23578
	147	35.096287	10.541092	5.804626	24530
50	148	42.970062	5.133209	3.277695	25337
	149	34.7911	5.401779	2.728348	25719
	150	46.052429	4.339737	2.838226	26119
51	151	51.515244	8.319351	7.684555	27976
	152	44.679096	8.990753	7.367172	28359
	153	42.329174	10.614334	7.013153	28745
52	154	44.618061	6.646927	5.926697	30172
	155	41.13895	7.000946	4.168823	30587
	156	42.909023	7.379379	5.023346	31270
53	157	38.911098	7.196259	6.219666	1620
	158	42.664875	6.830048	5.841248	1995
	159	35.645618	6.952118	4.620499	2361

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
54	160	41.718803	8.062988	8.038574	3584
	161	45.991394	8.783234	6.866669	4148
	162	44.343395	7.77002	8.209473	4840
55	163	35.950806	11.786255	6.781219	5769
	164	45.381023	8.636734	7.14743	6398
	165	37.47673	11.322372	5.230865	8341
56	166	45.777763	7.611313	5.91449	9227
	167	49.775688	7.184052	5.475021	9680
	168	51.057465	8.978546	8.148438	10200
57	169	41.627247	11.883911	8.28273	11169
	170	42.390209	9.686569	7.159637	12480
	171	43.519394	9.430222	6.4272	13111
58	172	42.542801	9.198273	7.89209	14333
	173	40.711693	8.868683	5.059967	15787
	174	40.13184	9.295944	6.476028	16304
59	175	36.622211	8.087402	5.011139	17194

Muestra	# Lectura	L	a	b	Spectrum Number
	176	52.156132	7.721176	6.781219	18377
	177	43.336285	7.721176	6.097595	18796
60	178	46.296577	7.281723	6.060974	19861
	179	46.967987	6.756805	5.853455	20661
	180	38.972137	7.733383	6.146423	21051
61	181	48.646503	9.820862	7.904297	21858
	182	47.334209	8.624527	8.88089	22456
	183	46.815395	9.344772	5.890076	22829

